IV Всеукраїнська науково-практична конференція
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК:
НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ

Харків,
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківська обласна державна адміністрація
Державний біотехнологічний університет
Національний технічний університет «ХПІ»
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний університет біоресурсів
і природокористування України
ЗВО «Подільський державний університет»
Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського

Матеріали
IV Всеукраїнської науково-практичної конференції

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ

8 квітня 2026 р.

м. Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ДЕРЖАВНА АДМІНІСТРАЦІЯ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ХПІ»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ЗВО «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
КИЇВСЬКОЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ім. І. СІКОРСЬКОГО

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ

Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції

8 квітня 2026 р.

Харків
ДБТУ
2026

УДК 621.3:338.43](06)
Е45

Організаційний комітет:
Михайлов В. М., д.т.н., проф., проректор з наукової роботи ДБТУ, голова оргкомітету;
Сорокін М. С., к.т.н., доц., декан факультету енергетики, робототехніки та комп'ютерних технологій ДБТУ, заступник голови;
Лисиченко М. Л., д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ, заступник голови, учений секретар конференції;
Міненко С. І., голова ради молодих вчених, доктор філософії (PhD) з менеджменту, бізнесу і адміністрування ДБТУ;
Мірошник О. О., д.т.н., проф., завідувач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ;
Хандола Ю. М., к.т.н., доц., завідувач кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ;
Петренко О. В., к.т.н., доц., завідувач кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ;
Косуліна Н. Г., д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ;
Мороз О. М., д.т.н., проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ;
Потапов В. О., д.т.н., проф., професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ;
Каплун В. В., д.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП;
Головко В. М., д.т.н., проф., професор кафедри відновлювальних джерел енергії КПІ ім. І. Сікорського;
Щур І. З., д.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханіки і комп'ютерних електромеханічних систем Національного університету «Львівська політехніка»;
Гапон Д. А., д.т.н., доц., завідувач кафедри автоматизації та кібербезпеки НТУ «ХПІ»;
Михайлова Л. М., к.т.н., проф., в.о. декана факультету енергетики та інформаційних технологій ЗВО «Подільський державний університет».
Демченко К. В., к.т.н., доц., завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ.

Е45 **Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: наукові пошуки молоді**: матеріали IV Всеукраїнської наук.-практ. конф., 8 квітня 2026 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Електрон. дані (1 файл). – Харків, 2026. – 280 с. – Режим доступу: http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/

У збірнику подано теоретичні та практичні результати досліджень і розробок здобувачів вищої освіти, аспірантів, молодих учених за такими напрямами: електропостачання та енергетичний менеджмент, відновлювана енергетика, електромеханіка та робототехніка, біомедична інженерія та електромагнітні технології, інтегровані процеси та технології тепло- і холодопостачання.

Матеріали будуть корисні викладачам, здобувачам вищої освіти та молодим науковцям.

УДК 621.3:338.43](06)

© Державний біотехнологічний університет, 2026

СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

УДК 621.3:331.45

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ Й АВТОМАТИКИ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35/6 КВ З УПРОВАДЖЕННЯМ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ТЕРМІНАЛІВ

Артемов Є. Г., бакалавр, e-mail: e.artemov99@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Останнім часом однією з важливих проблем у вітчизняній енергетиці є заміна застарілого парку обладнання на електростанціях та підстанціях електроенергетичних систем (ЕЕС). Так, експлуатація морально застарілих комплексів релейного захисту може призвести до помилкових спрацьовувань захисту або навіть їх відмови, що у свою чергу призведе до розвитку небезпечних аварійних ситуацій та зниження надійності функціонування ЕЕС загалом. Усе це визначає актуальність теми на сьогоднішній день із заміни, реконструкції та модернізації комплексів релейного захисту з метою підвищення надійності функціонування та можливості передачі інформації з низького на більш високий рівень ієрархії автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП), а також можливість автоматичного та дистанційного управління окремими підстанціями.

Диференціальний захист є основним захистом трансформатора від усіх видів короткого замикання у трансформаторі, на вводах 35 та 6 кВ на ошиновці 6 кВ. Захист діє без витримки часу на відключення ВМД-35 кВ вводів трансформаторів. МТЗ на стороні 35 кВ є резервним захистом трансформатора від міжфазних коротких замикань.

Захист діє відключення ВМД-35 кВ вводів трансформатора з витримкою часу. МТЗ на стороні 6 кВ – захист діє на відключення ВМП-10 вводів трансформатора з витримкою часу. Газовий захист служить для захисту трансформатора від внутрішніх пошкоджень. Захист діє відключення вводів трансформатора 35 і 6 кВ. Захист фідерів, що відходять: МТЗ-фідерів, що відходять, 6 кВ виконана на струмових реле. Захист діє на відключення ВМП-фідера, що відходить. ТО – захист дозволяє забезпечити швидке відключення короткого замикання на фідері, що відходить. Захист діє без витримки часу.

Також на підстанції існує аварійна і попереджувальна сигналізація. Попереджувальна сигналізація спрацьовує при: відключенні автоматів у осередках; появі «землі» на шинах 6 кВ; зникнення напруги на шинах 6 кВ. Аварійна сигналізація спрацьовує при: аварійному відключенні фідерів, що відходять, вводів 35 і 6 кВ; під час роботи газового захисту на відключенні; під час роботи диференціального захисту трансформаторів.

На етапі проєкту необхідно навести загальні відомості про об'єкт проєктування, які включають опис головної схеми електричних силових ланцюгів, а також призначення підстанції в районній енергосистемі.

Далі за даними навантажень приєднань підстанції слід зробити вибір силових трансформаторів та трансформаторів власних потреб. Крім цього, необхідно розрахувати всі види струмів короткого замикання (КЗ) і на підставі результатів розрахунку провести перевірку обраного обладнання, налаштування релейного захисту підстанції.

Основним проєктом є модернізація комплексу релейного захисту підстанції, для чого необхідно провести докладні розрахунки параметрів спрацьовування вибраних більш сучасних захистів трансформаторів і ліній електропередачі, що відходять, на напівпровідниковій і мікропроцесорній елементній базі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Праховник А. В., Денисюк С. П. Енергоефективність електричних мереж та систем електропостачання. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2015. 312 с.

УДК 620.91:621.383

СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА ЯК СТРАТЕГІЧНИЙ ПРІОРИТЕТ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ

Бабенко О. О., студент, e-mail: eee24-o.babenko@nubip.edu.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Павленко В. М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Повномасштабне вторгнення Росії та систематичні удари по об'єктах критичної енергетичної інфраструктури скоротили встановлену генеруючу потужність України з понад 37 ГВт до менш ніж 14 ГВт у 2024 році. У цих умовах відновлювана енергетика перестала бути лише інструментом «зеленої» трансформації – вона стала засобом виживання та децентралізації енергосистеми. Частка сонячних електростанцій (СЕС) у структурі відновлюваних джерел (без великих ГЕС) перевищила 75 % «зеленої» генерації, а у 2025 році в Україні введено в експлуатацію близько 1 500 МВт нових потужностей СЕС – майже вдвічі більше, ніж у 2024 році [1]. Метою роботи є обґрунтування переваг переходу на екологічно чисті джерела енергії в умовах сучасної енергетичної кризи.

Ефективність сонячної генерації. Сучасні монокристалічні фотоелектричні модулі досягають ККД до 22,8 % зі строком служби 25–30 років, а нормована вартість виробленої електроенергії (LCOE) для СЕС в Україні становить 0,052–0,075 €/кВт·год, що на 31 % нижче рівня 2018 року. Дослідження ефективності відновлених фотоелектричних модулів в природних умовах освітлення показують, що вони зберігають до 93–96 % початкової потужності після реновації, що підтверджує доцільність їх повторного використання [2]. Гібридні ФЕС з акумуляторними батареями дозволяють підвищити ефективність використання генерованої енергії та забезпечити власні потреби локального об'єкта навіть за умов багатозонного тарифікування, скорочуючи щорічні витрати на 30–45 % [2].

Автономне електропостачання сільськогосподарських об'єктів. Проєктування автономних систем електропостачання сільськогосподарських об'єктів на базі фотоелектрики та акумуляторів забезпечує безперебійне живлення критичних споживачів у разі відключення централізованої мережі [3]. Розподілена сонячна генерація принципово важливіша за централізовані станції в умовах воєнних дій: мережа дрібних об'єктів не має єдиної точки відказу і відновлюється значно швидше після ударів. Потенціал дахових СЕС на наявних будівлях оцінюється у 82 ТВт·год/рік, що відповідає 26 % поточного електроспоживання [1].

Стратегічні переваги та екологічний ефект. Відповідно до Національного плану з енергетики та клімату України, до 2030 року частка ВДЕ у кінцевому споживанні має сягнути 27 %, а встановлена потужність СЕС – 12,2 ГВт [1]. Зменшення частки ТЕС скоротить викиди CO_2 на 65 % від рівня 1990 року до 2035 року, що повністю відповідає євроінтеграційному курсу держави. Впровадження інтелектуальних систем керування енергоспоживанням на базі ВДЕ дозволяє оптимізувати розподіл генерованої потужності між споживачами та системами зберігання, підвищуючи загальну ефективність енергосистеми [2, 3].

Сонячна енергетика є найбільш динамічно зростаючим сегментом ВДЕ в Україні та демонструє зростаючу технічну ефективність, конкурентоспроможний рівень LCOE і стратегічні переваги децентралізованого розміщення. Перехід на екологічно чисті джерела генерації є технічно та економічно необхідним рішенням для відновлення і розвитку енергосистеми України в умовах воєнного часу та подальшої євроінтеграції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. UkraineInvest. Альтернативна енергетика України. URL: https://ukraineinvest.gov.ua/industries/energy/alternative-energy/ (дата звернення: 02.04.2026).

2. Shvedchykova I., Trykhlieb A., Trykhlieb S., Demishonkova S., Pavlenko V. Determining the efficiency of restored photovoltaic modules under natural lighting conditions. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. Vol. 6, № 8(132). P. 16–24. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.317829

3. Горбель О. О., Павленко В. М. Проєктування автономних систем електропостачання сільськогосподарських об'єктів з використанням фотоелектрики та акумуляторів. *Енергоефективний університет: матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф.*, 23 жовт. 2025, Київ / ред. І. В. Панасюк ; КУТД. Київ, 2025. С. 23.

УДК 621.314

ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ СЕКТОРІ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Бєлих В. С., студент, e-mail: Vovanbelan69@gmail.com
Науковий керівник – магістр, ст. викл. Попадченко С. А.
Державний біотехнологічний університет

Одною із основних проблем, пов’язаних з надійністю електропостачання, є старіння інфраструктурних об’єктів. Старіюча та пошкоджена інфраструктура не тільки створює ризик частих відключень електроенергії, але і суттєво обмежує здатність енергосистеми інтегрувати нові технології, відновлювальні джерела енергії. У свою чергу стихійні лиха (урагани, землетруси, лісові пожежі, повені) позначаються на надійності в негативному ключі. Ці події, як правило, завдають значної шкоди, що призводить до масових відключень.

Оскільки електрична мережа стає оцифрованою, на порядку денному проблематика вразливості для кібератак. Ці загрози варіюються від атак програм-здирників на комунальні підприємства до витончених вторгнень у системи управління. Хоча інтеграція ВДЕ має велике значення для скорочення викидів вуглекислого газу, боротьби зі зміною клімату, але виникають проблеми з надійністю.. Відновлювані джерела енергії працюють з перебоями та залежать від погоди, що призводить до коливань у виробництві електроенергії. Одним із найефективніших способів підвищення надійності електропостачання є використання сучасних технологій. Наприклад, використання інверторних перетворювачів дозволяє значно зменшити втрати енергії. Крім того, використання інтелектуальних систем керування дозволяє автоматично регулювати навантаження залежно від потреб споживачів та запобігати перевантаженням. Також встановлення резервних джерел живлення (РДЖ). РДЖ можуть бути різними, наприклад, дизель-генератори, газові турбіни або сонячні панелі, акумулятори. Вони дозволяють накопичувати енергію протягом певного періоду часу, що дозволяє забезпечити безперервність роботи обладнання у разі відключення електроенергії.

Все це забезпечує безперервне постачання електроенергії у разі відключення основного джерела живлення. Розвиток систем відновлюваної енергетики, таких як сонячна та вітрова енергія, може допомогти підвищити надійність електропостачання завдяки використанню екологічно чистих джерел енергії. Це зменшить залежність від традиційних джерел енергії, які зазнали значних пошкоджень, та скоротить викиди парникових газів. Застосування системи автоматичного перемикання на резервне дозволяє автоматично перемикати живлення з основного джерела на резервне у разі збою або відключення. Система управління енергоспоживанням дозволяє контролювати споживання електричної енергії та оптимізувати її використання. Також існують системи моніторингу та діагностики, які дозволяють відстежувати стан обладнання та виявляти проблеми в електропостачанні на ранній стадії. З метою захисту від загроз кібербезпеки організації комунальної ланки мають ухвалити комплексні стратегії. Це спирається на регулярну оцінку факторів ризику; впровадження міжмережевих екранів та систем виявлення вторгнень; забезпечення безпечних протоколів зв'язку. Використання сучасних технологій, резервування джерел живлення, оптимізація режимів роботи енергомережі, навчання персоналу, встановлення систем моніторингу та діагностики, розвиток систем відновлюваної енергетики – все це може допомогти підвищити надійність електропостачання та зменшити ризик відмов обладнання та перебоїв у роботі підприємств.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 46–53.

УДК 621.311.25

LCOE ЯК ГОЛОВНИЙ ІНСТРУМЕНТ АНАЛІЗУ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІБРИДНОЇ СЕС ІЗ УСТАНОВКАМИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Бібічева О. О., магістр, e-mail: olechka7629@gmail.com
Науковий керівник – проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах трансформації об’єднаної енергетичної системи (ОЕС) України впровадження гібридних сонячних електростанцій (СЕС) із установками зберігання енергії (УЗЕ) є стратегічним кроком для забезпечення живучості критичної інфраструктури [1]. Особлива увага приділяється розвитку УЗЕ як засобу балансування та підвищення надійності мереж. Використання показника LCOE (Levelized Cost of Energy), показника, що визначає нормовану вартість електроенергії, дозволяє об’єктивно оцінити доцільність таких проєктів. Розрахунок ефективності гібридних СЕС з УЗЕ має базуватися на положеннях «Про затвердження Правил ринку» (Постанова НКРЕКП № 307) [2], які визначають умови участі суб'єктів із системами зберігання у забезпеченні допоміжних послуг. Таким чином, аналіз нормованої вартості енергії є ключовим інструментом для обґрунтування інвестицій у децентралізовані джерела живлення згідно з вимогами енергетичної безпеки держави.

Методологія розрахунку LCOE для гібридних систем (СЕС + УЗЕ) повинна враховувати не лише генерацію, а й циклічність накопичувача, його деградацію та обмежений термін служби порівняно із фотоелектричними модулями (ФЕМ). Формула розрахунку базується на відношенні дисконтованих витрат до дисконтованого обсягу виробленої енергії за весь життєвий цикл проєкту (зазвичай 20–25 років) [3]:

$$\mathrm{LCOE} = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{\mathrm{CAPEX_t}+\mathrm{OPEX_t}+\mathrm{REP_t}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{E_t\cdot(1-d)^t}{(1+r)^t}},$$

де $\mathrm{CAPEX_t}$ – капітальні інвестиції (ФЕМ, гібридні інвертори, конструкції, початковий блок АКБ); $\mathrm{OPEX_t}$ – операційні витрати (сервіс, моніторинг, оренда); $\mathrm{REP_t}$ – витрати на заміну акумуляторів УЗЕ (оскільки LiFePO4 зазвичай служать 8–12 років, а проєкт розраховується на 25 років); E_t – річна генерація електричної енергії; d – коефіцієнт щорічної деградації (окремо для ФЕМ та окремо вплив на ємність акумуляторів УЗЕ); r – ставка дисконтування.

Специфічними компонентами розрахунку LCOE для гібридних систем є:

1. Облік життєвого циклу АКБ. На відміну від ФЕМ, термін служби УЗЕ залежить від кількості циклів та глибини розряду (DoD – Depth of Discharge). Методологія має включати прогнозування моменту, коли залишкова ємність АКБ впаде нижче 80% (SOH – State of Health) та закладання бюджету на заміну батарейного блоку (наприклад, на 10-й та 20-й роки експлуатації).
2. Втрати на перетворення (Round-trip efficiency). Енергія, що проходить через акумулятор, втрачається двічі (при заряді та розряді). Методологія LCOE для гібридів обов'язково враховує ККД циклу (зазвичай 85–92% для літієвих систем). Це зменшує чистий вихід енергії E_t.
3. Коефіцієнт використання (Utilization Factor). Потрібно розділяти енергію, яка йде до споживача від СЕС, і та, що проходить через буфер УЗЕ. Енергія з акумуляторів завжди дорожча через амортизацію обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України. Документ 3220-IX, чинний, редакція від 30.06.2024. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3220-20#Text.
2. Про затвердження Правил ринку. Постанова НКРЕКП № 307. Документ v0307874-18, чинний, редакція від 01.12.2025. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0307874-18#Text.
3. Levelized Cost of Energy Calculator. National Laboratory of the Rockies. URL: https://www.nlr.gov/analysis/tech-lcoe.

УДК 621.316.13

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДОБОВИХ ГРАФІКІВ ЕЛЕКТРИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ПОБУТОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Бондаренко В. Л., магістр, e-mail: vbondar_1980@ukr.net
Дубенко С. В., викладач, e-mail: svetadubenko@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., проф. Віхрова Л. Г., e-mail: vihrovalg@ukr.net
Центральноукраїнський національний технічний університет

Рівень втрат у системах розподілу електроенергії визначається режимами навантаження ліній та трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ, що формуються під впливом добових коливань споживання.

Статистичний аналіз дозволив встановити закономірності зміни базового навантаження трансформаторів, що дає змогу прогнозувати споживання та оцінювати ефективність обладнання. Отримані залежності використовуються для керування споживачами-регуляторами навантаженнями з можливістю зміни потужності в часі.

Оптимізаційна задача подається у вигляді мінімізації узагальненої цільової функції:

$$\Delta P_{\text{обм.}i} = \frac{\Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\mathrm{P}_i^2 + Q_i^2\right)}{m \cdot S_{\text{ном}}^2}$$

де $\Delta P_{кз}$ – втрати у режимі короткого замикання трансформатора; $S_{\text{ном}}$ – номінальна потужність m-го трансформатору; $P^2_i + Q^2_i$ – сумарна потужність споживачів, які живляться від трансформаторної підстанції; m – кількість трансформаторів підстанції.

Модель враховує технічні та економічні фактори і забезпечує мінімізацію витрат. Регулювання споживачів-регуляторів дозволяє ефективніше використовувати трансформатори та вирівнювати графік навантаження.

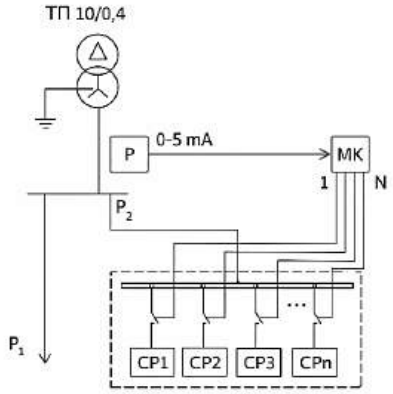


Рисунок 1 – Структурна схема керування споживачами-регуляторами

Проведені дослідження показали, що впровадження споживачів-регуляторів підвищує ефективність використання елементів електромереж і стабілізує режими електропостачання за рахунок згладжування графіка навантаження. За результатами оптимізації встановлено зниження втрат електричної енергії в трансформаторах приблизно на 9 % порівняно з нерегульованим режимом, що підтверджує ефективність запропонованого підходу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств: навч. посібник / О. І. Соловей, В. П. Розен, П. Г. Плєшков та ін.; Кіровоград. нац. техн. ун-т. Черкаси, 2015. 316 с.

2. Плєшков П. Г. Дослідження режимів роботи розподільчих мереж 0,4–10 кВ у житловому секторі. *Наукові праці Центральноукраїнського національного технічного університету*. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. Вип. 40. С. 75–81.

УДК 005.311.6:621:658.5

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

Боровик Д. О.[2], студент, e-mail: denisbor044@gmail.com
Науковий керівник – викл. Боровик Н. В.[1], e-mail: nata_borovik777@ukr.net
[1]Державний навчальний заклад «Лісоводський професійний аграрний ліцей»
[2]Хмельницький національний університет

В умовах глобальної енергетичної кризи та стрімкого зростання цін на енергоносії, оптимізація енергоспоживання стає критично важливою для підприємств та установ. Традиційні підходи до управління вже не здатні забезпечити необхідний рівень ефективності через складність сучасних енергосистем та динамічність ринку. У цьому контексті впровадження систем підтримки прийняття рішень (СППР) стає стратегічною необхідністю для реалізації принципів сталого розвитку.

Метою дослідження є аналіз сучасних моделей та інструментів СППР у сфері енергоменеджменту та визначення шляхів оптимізації управління енергоресурсами на основі інтелектуальних інформаційних технологій.

Основні матеріали дослідження. Сучасний енергоменеджмент базується на інтеграції технічних, економічних та інформаційних аспектів. Основним напрямом розвитку СППР є використання алгоритмів штучного інтелекту та методів машинного навчання, які дозволяють з високою точністю прогнозувати попит на енергію та виявляти аномалії в роботі систем. Важливою складовою є інформаційно-аналітичні платформи, що забезпечують візуалізацію даних через дашборди та дозволяють приймати рішення в режимі реального часу.

Серед ключових моделей, що використовуються в енергетичних СППР, виділяють:

- моделі лінійного та багатокритеріального програмування для оптимізації споживання;
- імітаційне моделювання для аналізу сценаріїв розвитку мереж;
- нейронні мережі для прогнозування навантаження;
- експертні системи для оцінки технічного стану обладнання.

Особливу увагу слід приділити економічній оцінці якості електропостачання, оскільки СППР дозволяють аналізувати не лише технічні параметри, а й фінансові збитки від втрат енергії чи порушень стабільності мережі. Впровадження технологій Internet of Things (IoT) та блокчейну відкриває нові горизонти для автоматизації обліку та безпеки даних в енергоменеджменті.

Застосування інтелектуальних моделей та аналітичних інструментів у складі СППР дозволяє не лише своєчасно виявляти поточні проблеми, а й прогнозувати ризики, формуючи оптимальні управлінські рішення для забезпечення надійності та економічності енергетичних систем.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мірошник О. О. Моделі та методи підтримки прийняття рішень в системі керування якістю процесу розподілу електричної енергії: автореф. дис. д-ра техн. наук. Харків, 2015. URL: https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/352bf5d1-5a72-49e1-afde-39336d268e46/content.

2. Оцінка ризиків при інтеграції відновлюваних джерел енергії до системи електропостачання / В. А. Степаненко та ін. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2022. № 2. С. 64–74.

3. Кареєва Н. В., Войтно С. В., Сорокіна Л. В. Ризик-менеджмент сталого розвитку енергетики: інформаційна підтримка прийняття рішень: навч. посіб. Київ: Альфа Реклама, 2013. 308 с.

4. Мірошник О. О. Аналіз методів оцінки якості електричної енергії в розподільних мережах в умовах невизначеності. *Вісник ХНТУСГ*. 2016. Вип. 175. С. 14–16.

УДК 621.3:331.45

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ СУЧАСНИХ СТРУМОПРОВОДІВ 6–10 КВ ДЛЯ КРУ

Ващенко В. О., бакалавр, e-mail: vashchenko3105@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні струмопроводи мають такі виконання: з твердими шинами, закріпленими на опорних ізоляторах, з розташуванням фаз в одній площині; з жорсткими шинами на опорних ізоляторах, з симетричним розташуванням фаз по вершинах рівностороннього трикутника; із жорсткими шинами із зовнішнім екраном; з гнучкими шинами зовнішньої прокладки на підвісних ізоляторах. Порівняно з розташуванням фаз в одній площині (горизонтальній або вертикальній) симетричне розташування фаз відрізняється меншими втратами електроенергії, не вимагає пристрою транспозиції фаз, а також має менший опір індуктивний. Фазо шини жорстких струмопроводів найчастіше виконуються з алюмінієвого коробчастого профілю, а гнучких струмопроводів – з пучка голих, частіше алюмінієвих проводів, розташованих по периметру кола.

При виборі конструкцій струмопроводу істотну роль поряд з основними витратами грають втрати енергії в металевих частинах конструкцій, що підтримують і огороджують, в арматурі і заставних деталях, в шино держателях. Найбільшого значення втрати досягають при несиметричному розташуванні фаз. Якщо в цьому випадку сталеві частини замінити на частини з алюмінієвих або мідних сплавів, які не мають втрат на перемагнічування, вдається знизити загальні втрати на 35–40 %. Особливе місце у передачі електроенергії займають екрановані (закриті) струмопроводи. Екранований струмопровід являє собою трубу в трубі (або короб в трубі) з установленими між ними ізоляторами, при цьому внутрішня труба виконує функції власне струмопроводу, а зовнішня – екрана. Обидві труби виконуються з того самого провідникового матеріалу – алюмінію.

Струмопроводи пофазно-екрановані: струмопроводи серії ТЕНЕ-10 мають пофазно-екранованe виконання. Кожна фаза струмопроводу складається з струмопровідної шини відповідного перерізу, кожуха-екрана та ізоляторів. Шина закріплюється за перерізом одним ізолятором спеціальним шино держателем. Ізолятори кріпляться до кришок, які у свою чергу закріплюються на кожухах-екранах болтами.

Струмопроводи комплектні закриті: струмопроводи серії ТЗК складаються з оболонки, загальної для трьох фаз, та струмопровідних шин відповідного профілю та перерізу. Шини закріплюються до ізоляторів усередині оболонок по вершинах рівностороннього трикутника за допомогою спеціальних шино тримачів. Перегородки призначені для унеможливлення переходу однополюсного замикання на оболонку в між полюсне коротке замикання. Кожна фаза струмопроводу складається з алюмінієвої струмопровідної шини відповідного трубчастого перерізу, циліндричного кожуха-екрану з алюмінію та ізоляторів. Опорні ізолятори встановлюються на кришках, кріплення кожної з яких на оболонках виконано шістьма болтами

У даний час затребувані два основні види струмопроводів – це струмопроводи з повітряною ізоляцією та струмопроводи з литою ізоляцією. У даний час виробники працюють над удосконаленням конструкції таких струмопроводів шляхом зміни конфігурації кожухів на компактнішу, а також шляхом оптимізації ізоляції. Крім цього, виробники переходять на більш сучасні матеріали, що робить виріб більш надійним та продовжує термін експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Буткевич О. Ф., Жуйков В. Я. Електричні апарати та струмопроводи високої напруги. Харків: НТУ «ХПІ», 2018. 312 с.

2. Афанасьєв М. О. Теплові та електродинамічні навантаження струмопровідних систем КРУ 6–10 кВ. *Вісник НТУУ «КПІ»*. 2020. №3. С. 62–68.

УДК 621.313

МОДЕЛЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ ЖИВЛЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Гіщинський А. З., магістрант, e-mail: dim39.2017@gmail.com
Наукові керівники: к.т.н., доц. Гречин Д. П., ст. викл. Дробот І. М.
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

Для дослідження роботи кабельної лінії живлення підприємства необхідно провести моделювання системи електропостачання підприємства. Для цього необхідно ретельно узгодити характеристики електромережі з показниками навантаження. Аналіз проводиться у середовищі MATLAB/Simulink; схему моделі наведено на рисунку. У межах дослідження кабельної лінії 6 кВ ми врахуємо обраний тип кабелю та попередньо розраховані параметри мережі. Введення даних у програмні блоки MATLAB/Simulink здійснюється відповідно до отриманих результатів розрахунків.

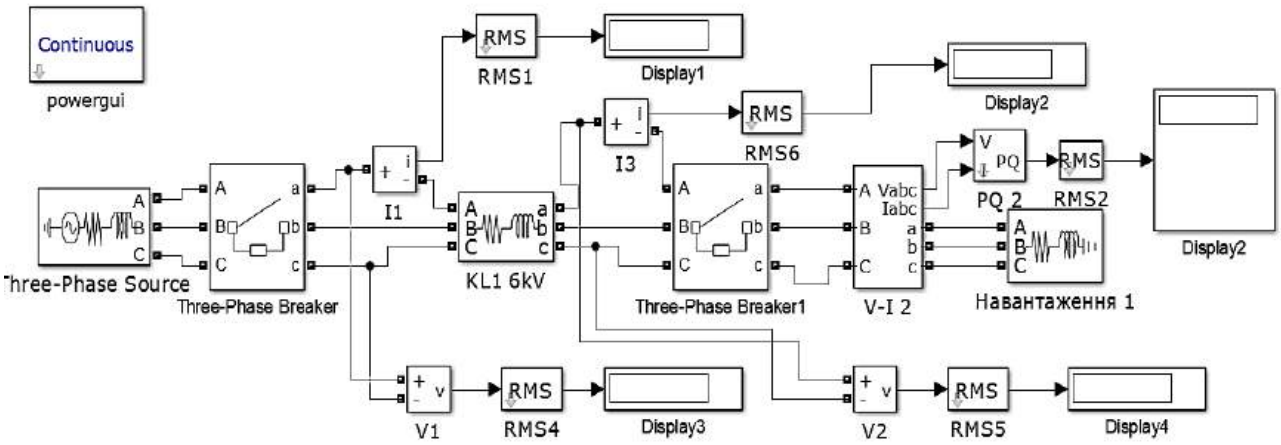


Рисунок 1 – Модель для дослідження роботи кабельної лінії живлення підприємства

Дана модель складається із наступних елементів: джерела живлення Three – Phase Source; трифазних вимикачів Three – Phase Breaker і Three – Phase Breaker 1; засобів для вимірювання значень струмів та напруг I1 – I2 і U1 – U2; засобів для вимірювання активних та реактивних потужностей у кабельній лінії електропередачі P1 та Q1; блоків для наочного відображення здійснених вимірів Display 1 – Display 4; блоків RMS1 – RMS 4, завдяки цим блокам буде здійснюватися вирахування діючого значення сигналів; блоку Навантаження 1 із параметрами активної та реактивної потужності споживача.

Для наочної демонстрації різниці між перерізами кабелів вимірювання для кабельної лінії проводитимуться для трьох різних варіантів. Дослідження базуються на даних про живлення підприємства, потужність навантаження на лінію, структуру електроприймачів, типи споживачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дурняк Б. В., Чумакевич В. О., Лях І. М., Яцун А. М. Основи електропостачання агропромислового комплексу: навчальний посібник. Львів: Українська академія друкарства, 2017. 544 с.

2. Маліновський А. А., Хохулін Б. К. Основи електроенергетики та електропостачання: підручник. Львів: Вид-во Національного університету «Львівська політехніка», 2009. 436 с.

УДК 620

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СВІТЛОДІОДНИХ ДЖЕРЕЛ СВІТЛА

Гошко М. М., магістрант, e-mail: m121314@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гошко М. О.
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій
імені С. З. Ґжицького

Розглянуто питання дослідження характеристик сучасних джерел світла на прикладі СВД ламп. Нами досліджувалися світлодіодні лампи *LED A60 10W, IEK A60 11W, Horoz Electric 10W, Eurolamp 9W, HOPFEN 10W, TECHLAMP 10W, Emilight 11W, OSRAM 10,5W, LEBRON LED 10W* та *Light Master 11W* на відповідність задекларованих світлотехнічних та електротехнічних параметрів, а також з метою порівняльного аналізу, наявних на ринку Львова (станом на червень 2025 року).

Досліди були проведені на кафедрі електротехнічних систем на базі лабораторії електроосвітлення.

У ході експериментів були досліджені наступні параметри:

- освітленість залежно від напруги живлення,
- рівень пульсацій світлодіодних ламп залежно від напруги живлення,
- температурний режим світлодіодних ламп залежно від напруги живлення,
- залежність споживаної потужності світлодіодних ламп від напруги живлення,
- світловіддачу LED-ламп залежно від напруги живлення.

За результатами дослідів був проведений аналіз за вищезгаданими параметрами і сформовані висновки та пропозиції.

Найвищу світловіддачу (>140 лк/Вт) має *Emilight* при 180 В, але вона нестабільна при інших рівнях. *TECHLAMP, LED A60, PHILIPS, HOPFEN* демонструють стабільну ефективність у межах 70–85 лк/Вт. *Light Master, Luxray* та *LEBRON* — мають найнижчі показники (до 13 лк/Вт) при окремих напругах.

Загальні рекомендації:

- До щоденного використання рекомендуються моделі *LED A60, PHILIPS, TECHLAMP, IEK, Horoz Electric*, оскільки вони поєднують високу яскравість, стабільну світлову віддачу, низьку пульсацію та оптимальний тепловий режим.
- Умовно допустимими є *Eurolamp, LEBRON, HOPFEN*, якщо застосовуються за стабільного електроживлення.
- Моделі з високим ризиком експлуатації – *Light Master, Luxray, Emilight, OSRAM* – мають нестабільну потужність, перегрів або надмірну пульсацію, що не відповідає вимогам комфортного та безпечного освітлення.

Комплексна оцінка LED-ламп за кількома параметрами дозволяє об’єктивно визначити якість продукції та її відповідність стандартам. Для споживача важливо звертати увагу не лише на яскравість чи бренд, а на підтверджені показники стабільності, енергоефективності та безпечності світлового потоку. Це дослідження може бути основою для формування національних стандартів сертифікації світлодіодної продукції в Україні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Goshko M. Influence of the construction of start-up adjustment equipment of modern led lamps on their performance characteristics. *TEKA. Quarterly Journal Of Agri-Food Industry*. 2021. Vol. 20, No. 2. P. 33–39.

УДК 621.316

ВІТРОВИЙ ПОТЕНЦІАЛ УКРАЇНИ

Гуляєв Д. С., магістр, e-mail: guliaev_d@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мірошник О. О.
Державний біотехнологічний університет

Розвиток вітрової енергетики набуває стратегічного значення для України в умовах війни, децентралізації енергосистеми та курсу на європейську інтеграцію. Вітрова енергія є одним із найдешевших і найекологічніших видів відновлюваної генерації, що дозволяє зменшити залежність від імпорту палива, підвищити стійкість електромереж та сприяти декарбонізації економіки [1].

Україна володіє значним вітровим потенціалом. За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України та міжнародних оцінок (Global Wind Atlas), технічний потенціал вітрової енергетики на суходолі перевищує 16 ГВт, а в деяких оцінках сягає 100–680 ГВт залежно від висоти установки та обмежень землекористування. Найперспективніші регіони: Південне узбережжя (Одеська, Миколаївська, Херсонська області), Приазов'я, Карпати та Передкарпаття, Центральні височини (Хмельницька, Вінницька, Кіровоградська області) [2].

Офшорний потенціал у Чорному морі оцінюється в десятки ГВт, проте його освоєння потребує значних інвестицій і технологій.

Загальна встановлена потужність вітрових електростанцій (ВЕС) в Україні становить близько 2,3 ГВт, з яких понад 1,3 ГВт знаходиться на тимчасово окупованих територіях. На підконтрольній території працює приблизно 1 ГВт.

У 2025 році галузь продемонструвала рекордне відновлення: введено в експлуатацію 324 МВт нових потужностей — більше, ніж за попередні три роки війни разом узяті. Нові проєкти активно реалізуються переважно на заході (44 %) та в центральних регіонах (34 %) України. У портфелі проєктів понад 4,5–7 ГВт на різних стадіях готовності.

Вітрові електростанції добре доповнюють сонячну генерацію завдяки вищому виробітку в осінньо-зимовий період. Середній коефіцієнт використання встановленої потужності (КУП) сучасних ВЕС в Україні становить 30–45 %. Вітрова енергія сприяє зниженню показників SAIDI/SAIFI, підвищенню енергетичної стійкості та зменшенню викидів парникових газів.

Згідно з Національним енергетичним та кліматичним планом (NECP) та Національним планом дій з ВДЕ до 2030 року, Україна планує довести потужність вітрової генерації до 6,1–6,2 ГВт (оншор) + 0,1 ГВт (офшор). Для досягнення цієї мети необхідні інвестиції в обсязі близько 20 млрд дол. США.

Вітровий потенціал України є одним із ключових ресурсів для забезпечення енергетичної незалежності та зеленого відновлення країни. Навіть в умовах воєнних викликів галузь демонструє стійкість і динамічне відновлення. Подальший розвиток вітроенергетики вимагає вдосконалення регуляторної політики, гарантій «зеленого» тарифу/аукціонів, розвитку систем балансування та залучення міжнародних інвестицій. Реалізація наявного потенціалу дозволить Україні не лише закрити частину дефіциту генерації, а й стати одним із регіональних лідерів «зеленої» енергетики в Європі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qawaqzeh M.Z., Miroshnyk O., Shchur T., Kasner R., Idzikowski A., Kruszelnicka W., Tomporowski A., Bałdowska-Witos P., Flizikowski J., Zawada M., et al. Research of Emergency Modes of Wind Power Plants Using Computer Simulation. *Energies*. 2021. Vol. 14(16). 4780. https://doi.org/10.3390/en14164780.

2. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*. 2023. Vol. 16(6). 2638. https://doi.org/10.3390/en16062638.

УДК 621.316

АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Деревянко Д. Ю., студент 11ЕІ, e-mail: daravynko@gmail.com
Наукові керівники: к.т.н., доц. Коваленко Л. Р., к.т.н., доц. Коваленко О. І.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Переважна більшість споживачів у сільських районах країни забезпечуються електричною енергією від об'єднаної енергетичної системи. До об'єднаної енергетичної системи ставиться вимога надійного (безперебійного) забезпечення споживачів якісною електричною енергією.

Електропостачання виробничих та побутових споживачів у сільських районах характеризується певними особливостями. До цих особливостей можна віднести наступне [1]:

– велика кількість малопотужних споживачів, що розосереджені на значній території;

– електропостачання здійснюється переважно повітряними лініями електропередавання, які піддаються постійному впливу метеорологічних впливів (дощ, сніг, вітер, гроза, тощо);

– повітряні ліні напругою 0,38, 6 та 10 кВ мають велику протяжність, що суттєво впливає на ряд показників якості електроенергії;

– до мереж напругою 0,38 кВ під'єднана велика кількість однофазних споживачів.

У зв'язку із факторами споживачі, що живляться від розподільних мереж у сільських районах можуть отримувати електричну енергію незадовільної якості порівняно зі споживачами промислових підприємств та міст. Це обумовлено конфігурацією, параметрами та режимами роботи таких мереж.

Частіше за все саме відхилення напруги у вузлах розподільних мереж під час їх експлуатації може значно перевищувати встановлені допустимі значення. Окрім того для сільських розподільних мереж характерним є небаланс напруги та понаднормові відхилення гармонійних складових струмів і напруг.

У нинішніх умовах, коли в країні гостро стоїть питання створення і впровадження розосередженої генерації, проблематика якості електричної енергії набуває особливого значення в тому числі і для сільських розподільних мереж. Наслідки низької якості електричної енергії відчуваються на електрообладнанні кінцевих споживачів – як виробничих, так і побутових. Станом на початок 2025 року в Україні діють два державні стандарти, що нормують якість електричної енергії: ГОСТ 13109-97 [2], який введено в дію з 1 січня 2000 року, та ДСТУ EN 50160-2014 [3], при цьому необхідно відмітити, що в цих стандартах є ряд розбіжностей.

При дотриманні визначених стандартами норм забезпечується електромагнітна сумісність обладнання електричних мереж і приймачів електроенергії. Достовірна інформація про вміст гармонік та інтергармонік у напрузі живлення споживачів електричної енергії сільської розподільної мережі дає змогу належно реагувати на ситуацію та вибирати оптимальні параметри і режими наявних засобів для обмеження впливу гармонік на споживачів електричної енергії [4].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коваленко О. І. Основи електропостачання: навч. посібник. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. 237 с.

2. ГОСТ 13109-97. Електрична енергія. Сумісність технічних засобів електромагнітна. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення [Чинний від 2000.01.01]. Видання офіційне. Київ : Національний стандарт України, 1999. 31 с.

3. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності [Чинний від 2014.10.01]. Видання офіційне. Київ: Національний стандарт України, 2014. 27 с.

4. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2023. 159 с.

УДК 621.548

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ

Деркач Н. М., магістр, e-mail: m.potapenko19@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Потапенко М. В.
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

Вітрогенератори є важливим компонентом сучасної відновлюваної енергетики, які забезпечують екологічно чисту та відновлювану електроенергію [1].

Енергетична ефективність вітрогенераторів залежить від показників вібрації, температури нагрівання ізоляції обмоток генератора, кількості електроенергії, що виробляється. Технічний стан вітрогенераторів і зміна його в часі найбільшою мірою залежить від контактуючих між собою елементів і діючих у них вібраційних навантажень, які виникають під час роботи обладнання.

Існуючі експертні системи діагностики дозволяють вирішувати лише частину завдань щодо підвищення експлуатаційної надійності [2]. Як правило, вирішуються задачі визначення виду несправності та рекомендуються часові терміни в подальшій роботі, при цьому питання про зміну структури вироблення електроенергії та енергоефективності діючого вітрогенератора в цілому залишається відкритим. Все це вказує на важливість дослідження вібрації та необхідність удосконалення методів діагностики та прогнозування стану генерації за вібраційними параметрами для своєчасного усунення несправностей та отримання економічного ефекту за рахунок збільшення вироблення обладнанням електроенергії. Це дасть можливість персоналу, що експлуатує вітроенергетичне обладнання, не тільки своєчасно приймати необхідні рішення щодо виведення обладнання в ремонт, а й володіти оперативною інформацією про економічні режими роботи обладнання.

Стан обладнання характеризується властивостями конструкції – геометрією елементів та взаємозв'язками між ними, періодичними коливальними процесами. У роторних механізмах структурний стан характеризується ударними процесами. У даному випадку адекватним методом є метод слідкуючого спектрального аналізу. За порядком гармонік вібрації ідентифікуються її джерела, амплітуди цих гармонік характеризують розподіл енергії, що зв'язаний зі станом об'єкта. У випадку розвитку дефекту енергія коливань збільшується. Частота надходження імпульсів визначає джерело несправності, відмінність рівнів – причину (несправний елемент), а абсолютне значення рівнів імпульсів – ступінь несправності.

Дефекти і несправності, що з'являються, а також зношування і старіння обладнання, що викликають появу додаткових втрат енергії, виявляються системою в порівнянні з даними, отриманими математичним моделюванням. Аналіз форми сигналу високочастотної вібрації, що збуджується ударним імпульсом, показує, що він дуже нетривалий у часі (швидко згасає), а найважливішим показником є відношення пікового значення до середньоквадратичного значення високочастотної вібрації (величина пікфактора). Це дозволяє виявляти, з одного боку, дефекти мастила, що зароджуються, при яких розриви масляної плівки відбуваються рідко та нерегулярно, а з іншого боку, механічні дефекти підшипника на нестабільних частотах обертання, причому за короткий час, що визначається 2-3 оборотами ротора. На основі отриманих даних про дефект і рівень його розвитку розраховуються додаткові втрати електричної енергії, що вносяться дефектами, і робиться висновок про необхідність вжиття заходів щодо їх усунення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Яхно О. М., Таурит Т. Г., Грабар І. Г. Вітроенергетика: конструювання та розрахунок ВЕУ. Житомир: ЖДТУ, 2003. 248 с.

2. Месюра В.І., Яровий А.А. Експертні системи. Вінниця: ВНТУ, 2006. 114 с.

УДК 621.316.13

ОПТИМІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ІНТЕГРАЦІЄЮ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ТА НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

Дубенко С. В., викладач, e-mail: svetadubenko@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., проф. Плєшков П. Г., e-mail: kafedra.etsem@gmail.com
Центральноукраїнський національний технічний університет

З метою підвищення надійності та стабільності електропостачання на базі відновлюваних джерел запропоновано комбіновані енергетичні системи, що поєднують генерацію та накопичення електричної і теплової енергії.

Для побудови математичної моделі автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії в комбінованій енергосистемі з електричними та тепловими накопичувачами використано метод змінних стану, що базується на підходах системного аналізу та теорії автоматичного керування. Структурну організацію керування комбінованою енергосистемою наведено на відповідній схемі (рис. 1).

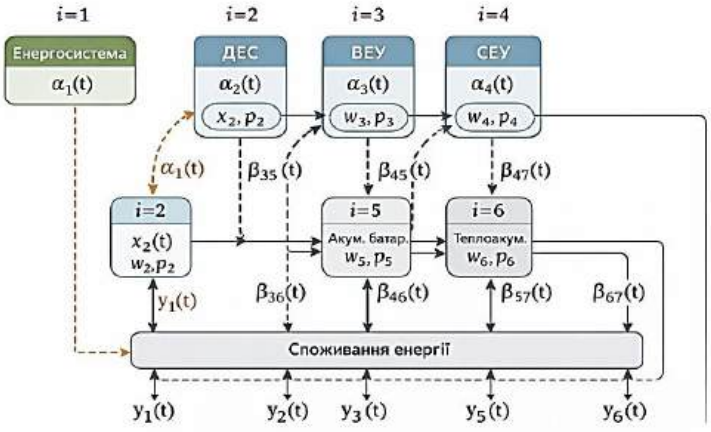


Рисунок 1 – Структурна схема керування комбінованою електроенергетичною системою

Сформована математична модель описує поведінку КЕЕС як відкритої системи, керованої наступними параметрами: вхідним керуючим потоком енергії $\alpha_i(t)$ у вузол i в момент часу t, і потоком енергії $\beta_{ij}(t)$ між вузлами i та j у момент часу t. Модель є нелінійною та включає як неперервні, так і дискретні складові. Вона формулюється як двокритеріальна задача, де обидва критерії задаються інтегральними залежностями на заданому часовому інтервалі та підлягають мінімізації.

Ураховуючи вартісні показники та припускаючи, що для енергоресурсів з індексами $i = 3$ (вітрова енергія) і $i = 4$ (сонячна енергія) витрати відсутні, тобто $c_3(t) = 0$ і $c_4(t) = 0$, обчислюються сукупні витрати $v_1(T)$, $v_2(T)$, $v_3(T)$, $v_4(T)$. Ці витрати відповідають функціонуванню відповідно енергосистеми, дизельної електростанції, вітрової та сонячної електроустановок у межах часового інтервалу $[t_0; T]$. Наведені компоненти витрат є основними у формуванні інтегрального показника економічної ефективності комбінованої електроенергетичної системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Відновлювані джерела енергії / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.

2. Комплексні енегрогенеруючі вузли в об'єднаній енергетичній системі / І. І. Червоненко, К. В. Махотіло, В. С. Кулєшов, К. В. Кулєшова. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. № 2.

УДК 621.3:331.45

ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЧНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО СПОЖИВАЧА, ЩО ЖИВИТЬСЯ ВІД ПС 35/0,4 кВ

Д’яков О. О., бакалавр, e-mail: zsuukrainedyakov@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Якість електроенергії, що виробляється, повинна відповідати допустимим значенням відхилення не більше 0,5 % від номінального значення напруги; допустиме значення відхилення частоти трохи більше 1% від номінального значення частоти.

Відхилення параметрів від нормативних величин пов'язане з порушенням режимів, що встановилися, або балансів активної та реактивної потужностей. Наслідком порушення балансу генерованої та споживаної активних потужностей є зміна частоти. Наслідком порушення балансу генерованої та споживаної реактивної потужностей є зміна напруги.

Для асинхронних двигунів зниження напруги на 15 % від номінального значення зменшує електромагнітний момент на 75 %, а зниження частоти на 5 % знижує реактивний опір та збільшує статорний струм, що призводить до додаткового нагрівання. Зниження активної складової струму в лінії передач пов'язане з оптимальним вибором настановних потужностей за збереження їхньої продуктивності та ефективності роботи. Зниження реактивної складової пов'язане із компенсацією реактивної потужності навантаження.

Методологія компенсації реактивної потужності навантаження споживачів розглядалася як зниження втрат потужності у мережах. При цьому економічне стимулювання установки компенсуючи пристроїв у системах електропостачання промислових підприємств здійснювалося за допомогою знижок та надбавок до тарифів на активну електроенергію.

Компенсація реактивної потужності – шлях до зменшення втрат у системі електропостачання великих та малих промислових підприємств та її повною мірою можна віднести до енергозберігаючих технологій.

Для мінімізації втрат з метою покращення використання електричної енергії в умовах обмежень на максимальну споживану потужність велика роль відводиться новим технічним засобам та системам управління, що дозволяють покращити енергетичні характеристики: підвищити коефіцієнт потужності мережі (cos(φ) до заданих значень та зменшити вміст гармонік у напрузі мережі. Підвищення cos(φ) дозволяє зменшити споживання з мережі активної та реактивної енергії та збільшити термін служби обладнання за рахунок розвантаження за потужністю

У зв'язку з цим пропонується розглянути такі проблеми: розробити метод та алгоритм управління у системі електропостачання промислових підприємств за наявності асиметрії за фазами; розробити методики проектування регулятора струму збудження синхронного компенсатора із застосуванням сучасних технологій; розробити методи та алгоритми оптимального управління компенсацією реактивної потужності у системах електропостачання підприємств.

Разом з тим, використання мікропроцесорної техніки забезпечує створення складних і в той же час ефективних і надійних засобів регулювання, а мікропроцесорне управління дозволяє суттєво ширше використовувати для управління складні розширені логічні закони управління зниження втрат у лінії передач.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гребенюк В. М. Компенсація реактивної потужності в електричних мережах. Київ: Техніка, 2016. 280 с.

2. Miller T. J. E. Reactive Power Control in Electric Systems. New York: Wiley, 2017. 356 p.

УДК 621.315.175

ГІБРИДНА МОДЕЛЬ ПРОГНОЗУВАННЯ ТОВЩИНИ ОЖЕЛЕДІ НА ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАВАННЯ

Єрмак Д. А., аспірант, e-mail: Golf9292ua@gmail.com
Науковий керівник – доц. Савченко О. А.
Державний біотехнологічний університет

Обмерзання ліній електропередавання є одним із найнебезпечніших природних явищ, що загрожують стабільній роботі енергосистем. Наслідками ожеледиці можуть бути обрив проводів, руйнування опор, перекриття ізоляторів та пошкодження обладнання внаслідок розгойдування ліній. Аналіз літературних джерел свідчить, що існуючі підходи до прогнозування товщини ожеледі базуються переважно на методах машинного навчання: моделях на основі метода опорних векторів, гібридних моделях із використанням алгоритмів екстремального навчання, а також нейронних мережах типу LSTM. Разом із тим застосування архітектури Transformer для вирішення цього завдання залишається практично недослідженим. У зв'язку з цим у роботі запропоновано схему прогнозування обмерзання ліній електропередавання на основі вдосконаленого методу виділення ознак та покращеної моделі Transformer.

Метою досліджень є підвищення точності прогнозування товщини ожеледі на лініях електропередавання шляхом розроблення гібридного методу попередньої обробки метеорологічних даних на основі повного ансамблевого емпіричного розкладання мод з адаптивним шумом та спектральної кластеризації у поєднанні з вдосконаленою моделлю Transformer.

Основні матеріали досліджень. Метеорологічні дані, що використовуються для прогнозування обмерзання, є нестаціонарними та нелінійними, що суттєво ускладнює їх безпосереднє застосування у моделях глибокого навчання. Для вирішення цієї проблеми запропоновано метод попередньої обробки даних, що інтегрує алгоритми повного ансамблевого емпіричного розкладання мод з адаптиним шумом та спектральної кластеризації. На першому етапі вхідні часові ряди температури, вологості та швидкості вітру розкладаються на скінченну кількість внутрішніх модових функцій, що дозволяє виділити ключові частотні складові сигналу. На другому етапі спектральна кластеризація групує отримані компоненти за схожістю у низьковимірному просторі, що зменшує надмірність вхідних даних та прискорює навчання моделі.

Для прогнозування товщини ожеледі розроблено вдосконалену модель Transformer із механізмом розрідженої самоуваги. На відміну від класичної архітектури, у якій усі вхідні змінні об'єднуються в єдиний токен, запропонована модель формує окремий токен для кожної вхідної змінної. Це дозволяє краще враховувати кореляції між різними метеорологічними параметрами та підвищує точність прогнозування при багатовимірному вході.

Висновки. Запропонована схема прогнозування обмерзання ліній електропередавання на основі гібридного виділення ознак та вдосконаленого Transformer забезпечує вищу точність порівняно з існуючими підходами. Отримані результати свідчать про перспективність застосування запропонованого підходу для інтелектуального моніторингу та захисту ліній електропередавання в умовах складних кліматичних умов.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Черемісін М. М., Попов С. В., Савченко О. А., Шкуро К. О., Пархоменко О. В. Ефективність моніторингу повітряних ліній електропередавання в ожеледних районах. *Наукові праці Донецького національного технічного університету*. 2013. № 2(15). Донецьк: ДНТУ, 2013. С. 261–264.

2. Li H., Chen Y., Zhang G. та ін. Transmission line ice coating prediction model based on EEMD feature extraction. *IEEE Access*. 2019. Vol. 7. P. 40695–40706.

УДК 621.311.6

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ПРОМИСЛОВИХ СИСТЕМАХ

Забіяка Д. О., аспірант, email: denis19z19@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Петренко А. В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У процесі розроблення методичних підходів до вибору параметрів та режимів роботи накопичувачів електроенергії (далі – СНЕ) у промислових енергетичних системах визначальним є забезпечення науково обґрунтованої параметризації їх енергетичної ємності та експлуатаційних режимів з урахуванням стохастичної природи генерації відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ) та варіабельності навантаження. Інтермітентність ВДЕ обумовлює виникнення випадкових дисбалансів у системі електропостачання, що актуалізує використання формалізованих методів аналізу часових рядів генерації та споживання.

Методологія вибору параметрів СНЕ передбачає інтеграцію техніко-експлуатаційних, економічних та деградаційних аспектів. Встановлено, що деградаційні процеси накопичувачів є функцією режимів їх роботи, зокрема глибини розряду, циклічності, температурних умов та рівня навантаження, що зумовлює необхідність оптимізації не лише номінальної ємності, але й режимів зарядно-розрядних процесів. У зв’язку з цим сучасні підходи орієнтовані на синтез параметричного та режимного управління СНЕ із метою мінімізації темпів деградації при збереженні заданих функціональних характеристик.

Ключовим інструментарієм у межах зазначених підходів виступають методи стохастичної та імовірнісної оптимізації. Зокрема, застосування моделей стохастичного програмування, імовірнісно-обмеженого програмування (chance-constrained programming), марковських процесів прийняття рішень, а також імітаційного моделювання на основі методу Монте-Карло дозволяє формалізувати вплив випадкових факторів на вибір параметрів СНЕ та обґрунтувати їх із заданим рівнем надійності функціонування [1; 2]. Такі підходи забезпечують узгодження параметрів накопичувачів із допустимими рівнями ризику недопостачання електроенергії.

Важливим компонентом методичних підходів є інтеграція економічних критеріїв та показників надійності у процес оптимізації. Оптимізаційні задачі формулюються як мінімізація сукупних приведених витрат при дотриманні обмежень на показники надійності, зокрема імовірність дефіциту навантаження та очікуваний обсяг недопоставленої електроенергії [1]. Ефективність вибору параметрів СНЕ визначається мінімізацією витрат та здатністю системи адаптуватися до довгострокових змін режимів роботи та характеристик накопичувачів [2].

Таким чином, удосконалення методичних підходів до вибору параметрів та режимів роботи накопичувачів електроенергії в промислових системах передбачає розроблення інтегрованих моделей, що поєднують стохастичний аналіз, оптимізацію режимів експлуатації, урахування деградаційних процесів та багатокритеріальну оцінку ефективності. Реалізація такого підходу забезпечує підвищення енергетичної ефективності, надійності та економічної доцільності функціонування систем електропостачання в умовах зростаючої частки ВДЕ.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Soltani N. Y., Nasiri A. Chance-constrained optimization of energy storage capacity for microgrids. *IEEE Transactions on Smart Grid.* 2020. Vol. 11, No. 4. Pp. 2760–2770. DOI:10.1109/TSG.2020.2966620

2. Huo D., Santos M., Sarantakos I., Resch M., Wade N., Greenwood D. A reliability-aware chance-constrained battery sizing method for island microgrid. *Energy.* 2022. Vol. 251, 123978. https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.123978

УДК 621.311:621.311.25

ТРИГЕНЕРАЦІЙНА УСТАНОВКА НА ОСНОВІ ГІБРИДНИХ СОНЯЧНИХ ЦИЛІНДРИЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ

Зеленков Д. М., аспірант, e-mail: zelia_12@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Галько С. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Тригенерація є децентралізованою енергоперетворювальною системою, в якій один вид первинної енергії одночасно трансформується у три корисних – електроенергію, тепло і холод, що забезпечує використання пристрою генерації круглий рік і є на сьогоднішній час однією з найбільш ефективних технологій підвищення енергетичної ефективності і екологічної безпеки [1]. Актуальність обраної тематики обумовлена тим, що технологія тригенерації дає можливість перетворити у холод до 80 % теплової потужності когенераційної установки, що значно збільшує її сумарний ККД і підвищує коефіцієнт ресурсів її потужності.

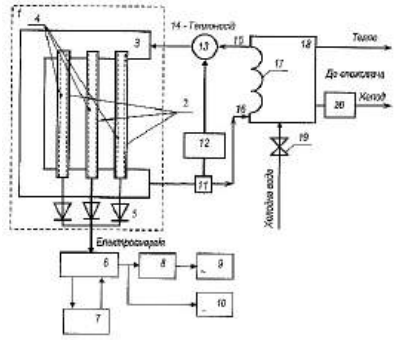


Рисунок 1 – Функціональна схема автономної сонячної тригенераційної енергоустановки

Мета дослідження – розробка функціональної схеми автономної сонячної тригенераційної енергоустановки з використанням гібридних сонячних циліндричних фотоелектричних модулів (ГСЦФЕМ).

Основні матеріали досліджень. Енергетичний баланс системи тригенерації можна представити математичним виразом:

$$Q_{ПЕ} = \frac{Q_{ЕЕ}}{\eta_{ЕЕ}} + Q_{ОС} + Q_{ДЕ} + \frac{Q_{ТЕП}}{\eta_{ТЕП}} + \frac{Q_{ХОЛ}}{\eta_{ХОЛ}}, \qquad (1)$$

де $Q_{ЕЕ}$ – електроенергія, що виробляється ГСЦФЕМ, $Q_{ОС}$ – втрати енергії в оточуюче середовище, $Q_{ДЕ}$ – внутрішні втрати в системі, $Q_{ТЕП}$ – теплова енергія, що вироблена ГСЦФЕМ, $Q_{ХОЛ}$ – енергія, що вироблена холодильною машиною, $\eta_{ЕЕ}$, $\eta_{ТЕП}$, $\eta_{ХОЛ}$ – відповідно, електричний і тепловий ККД ГСЦФЕМ та ККД холодильної машини.

Тригенераційна енергоустановка (рис. 1) працює наступним чином. ГСЦФЕМ 1 із сонячних когенераційних ФЕМ 2 встановлюється на даху будівель або рухомому об’єкті (яхті, баржі тощо). Теплота з ФЕМ 2 відбирається теплоносієм 14, що протікає по спільному колектору 3 ГСЦФЕМ. Струм, генерований охолодженими фотоелектричними перетворювачами 4 від кожного модуля 2 через низькоомні діоди Шотткі 5 і контролер заряду-розряду 6 поступає на заряд акумулятора 7, до споживачів постійного струму 10, або через інвертор 8 – до споживачів змінного струму 9. При досягненні температури теплоносія 14 в спільному колекторі 3 заданої величини, за сигналом термодатчика 11 контролер температури 12 вмикає вихровий насос 13, і той проганяє теплоносій 14 по трубам 15,16, який через теплообмінник 17 віддає генеровану теплоту до бака-акумулятора 18, до якого приєднаний абсорбційний холодильник 20. Холодна вода поступає до бака-акумулятора 18 через електроклапан 19 знизу, а до споживача поступає «тепло» і «холод».

Висновок. Технічний результат розробки полягає у збільшенні завантаження і продуктивності автономної генераційної енергоустановки за рахунок додаткової генерації холоду та заощадження традиційних енергетичних природних ресурсів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Галько С. В., Жарков В. Я., Жарков А. В. Технології та засоби перетворення відновлюваних джерел енергії для приватних домогосподарств: монографія. Мелітополь: Люкс, 2019. 215 с.

2. Галько С. В. Експериментальне дослідження і визначення параметрів когенераційного фотоелектричного модуля для гібридних сонячних електростанцій. *Традиційні та інноваційні підходи до наукових досліджень: матеріали Міжнар. наук. конф.,* м. Луцьк, 10 квіт. 2020 р. Луцьк: МЦНД, 2020. Т. 1. С. 83–90. https://doi.org/10.36074/10.04.2020.v1.10.

УДК 621.3:331.45

СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ОБМЕЖЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ

Зражевський І. О., бакалавр, e-mail: zrazevskojvana28@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Зростання генераторних потужностей сучасної енергосистем, створення потужних енергооб'єднань, збільшення потужностей навантажень призводять, з одного боку, до зростання електроозброєності та продуктивності праці, до підвищення надійності та стійкості електропостачання, а з іншого – до суттєвого підвищення струмів КЗ.

Максимальний рівень струмів КЗ для мереж 35 кВ і вище обмежується умовами забезпечення стійкості енергосистеми, параметрами електричних апаратів і провідників, а в мережах генераторної напруги, в мережах власних потреб і в розподільчих мережах 3–20 кВ – параметрами електричних апаратів і струму проводів, терм. Рівень струмів КЗ, що підвищується у розвитку сучасної електроенергетики, має у своєму зростанні ряд обмежень, які необхідно враховувати. Найбільш поширеними і дієвими способами обмеження струмів КЗ є секціонування електричних мереж; встановлення струмообмежувальних реакторів як одинарних, і здвоєних; широке використання трансформаторів із розщепленими обмотками нижчої напруги.

Секціонування електричної мережі. Є ефективним засобом, який дозволяє зменшити рівні струмів КЗ у реальних електричних мережах у 1,5–2,0 рази. Струмообмежувальні реактори служать для обмеження струмів КЗ в потужних електроустановках, а також дозволяють підтримувати на шинах певний рівень напруги при пошкодженнях за реакторами.

Основна сфера застосування реакторів – електричні мережі напругою 6–10 кВ. Іноді струмообмежувальні реактори використовуються в установках 35 кВ і вище, а також при напрузі нижче 1000.

Перевагою здвоєного реактора є те, що в залежності від схеми включення та направлення струмів в обмотках індуктивний опір може збільшуватися або зменшуватися. Ця властивість здвоєного реактора зазвичай використовується зменшення падіння напруги в нормальному режимі і обмеження струмів при КЗ. Для випадків, коли потрібні значні обмеження струму КЗ, розробляють спеціальні складніші пристрої, так звані БТУ – безінерційні струми обмежуючі пристрої.

Оптимізація структури мережі є ефективним засобом обмеження струмів КЗ. Застосовується периферійний (подовжній) поділ мереж, при якому частини територій мереж (райони) однієї напруги зв'язуються між собою лише через мережу підвищеної напруги. Місцеве, або поперечне, поділ мереж здійснюється накладенням мереж однієї напруги на площі якого-небудь району і зв'язком цих мереж через мережу підвищеної напруги.

Розподіл мережі застосовують у процесі експлуатації, коли потрібно обмежити рівні струмів КЗ за її розвитку. Стаціонарний поділ мережі здійснюється у нормальному режимі за допомогою секційних, шин сполучних або лінійних вимикачів, автоматичний – в аварійному режимі для забезпечення роботи комутаційних апаратів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Волошко А. В., Джеря Т. Е. Моделювання та дослідження однофазних коротких замикань в електричній мережі. *Збірник наукових праць ДДТУ* «*Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Електроніка*.» 2023. № 2(43). DOI: 10.31319/2519-2884.43.2023.14

2. Калінчик, В. П. Пристрій керування обмеженням струмів короткого замикання для підвищення ефективності електропостачальних виробничих систем / В. П. Калінчик, В. А. Побігайло // Енергетика: економіка, технології, екологія : науковий журнал. 2020. № 1 (59). С. 39-46. – Бібліогр.: 14 назв. https://ela.kpi.ua/handle/123456789/54262.

УДК 621.316.1:001.895

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ

Іващенко І. В., магістр, e-mail: gngker80e@mozmail.com,
Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викл. Пазій В. Г.
Державний біотехнологічний університет

Розподільні електричні мережі виконують критично важливу функцію транспортування електроенергії до кінцевого споживача. В умовах старіння інфраструктури, зростання енергоспоживання та нових викликів, пов'язаних із зовнішніми впливами на енергосистему, питання забезпечення надійності та безперебійності електропостачання набуває першочергового значення. Класичні підходи до експлуатації мереж вже не здатні повною мірою гарантувати необхідний рівень стабільності.

Мета досліджень полягає в аналізі сучасних інноваційних стратегій та комплексних методів підвищення надійності функціонування розподільних електромереж.

Аналіз світового та вітчизняного досвіду показує, що ефективне підвищення надійності мереж неможливе без комплексного підходу. Сучасні тенденції можна об'єднати у три ключові напрями:

1. *Фізична модернізація та предиктивне обслуговування.* Базовим кроком залишається заміна застарілого комутаційного та трансформаторного обладнання на сучасне (наприклад, вакуумні та елегазові вимикачі). Проте акцент зміщується з планово-попереджувальних ремонтів на обслуговування за фактичним станом (Condition-Based Maintenance). Використання методів неруйнівного контролю, тепловізійного моніторингу та датчиків часткових розрядів дозволяє виявляти дефекти ізоляції та контактних з'єднань ще до виникнення аварії.
2. *Цифровізація мереж (Smart Grid) та автоматизація.* Впровадження інтелектуальних систем управління на базі SCADA/ADMS (Advanced Distribution Management System) дозволяє перевести мережі в режим самовідновлення (Self-Healing). Сучасні реклоузери в поєднанні з цифровим зв'язком здатні за долі секунди локалізувати пошкоджену ділянку лінії і автоматично перезаживити неушкоджені сегменти від резервних джерел, зводячи показники системних індексів перерв електропостачання (SAIDI, SAIFI) до мінімуму.
3. *Децентралізація та інтеграція мікромереж (Microgrids).* Найбільш перспективним шляхом підвищення надійності є перехід від суто централізованого постачання до розподіленої генерації. Інтеграція в мережу сонячних електростанцій, вітрогенераторів та систем накопичення енергії (Energy Storage Systems) безпосередньо біля споживачів дозволяє створювати автономні енергетичні острови. У разі аварії у вищій мережі, мікромережа здатна від'єднатися і продовжувати живити критичні навантаження автономно.

Висновки. Підвищення надійності розподільних електромереж вимагає відходу від застарілих концепцій експлуатації. Лише синергія оновленої фізичної інфраструктури, інтелектуальних систем автоматичного управління потоками потужності та впровадження розподіленої генерації здатна забезпечити високий рівень стійкості енергосистеми та енергетичної безпеки споживачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Волошко А. В. Інтелектуальні енергетичні системи (Smart Grid) та їх вплив на надійність електропостачання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2020. № 1. С. 45–52.

2. Chowdhury S., Crossley P. Microgrids and Active Distribution Networks. *Institution of Engineering and Technology (IET)*. 2019.

УДК 621.311.25

ОПТИМІЗАЦІЙНІ ПИТАННЯ ГІБРИДНОЇ СЕС СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПІДПРИЄМСТВА ПОЛТАВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Калюжний М. Д., магістр, e-mail: kaluzny.nikita@gmail.com
Науковий керівник – проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

Сільськогосподарські підприємства мають безперервний технологічний цикл, де навіть короткочасне відключення електроенергії призводить до значних фінансових збитків, псування продукції або виходу з ладу обладнання. В умовах постійних відключень централізованих мереж електропостачання та ризиків пошкодження енергетичної інфраструктури внаслідок атак ворога, перехід на гібридні сонячні електростанції (СЕС) є не тільки питанням економії, а стратегічним інструментом виживання бізнесу.

Підприємства АПК характеризуються високою нерівномірністю споживання електроенергії: різкі піки під час роботи потужних двигунів (зерноочисні машини) та значне споживання у вечірній / нічний час. СЕС з установками зберігання енергії (УЗЕ) дозволяє згладжувати ці піки (Peak Shaving) та накопичувати надлишкову електроенергію вдень для використання під час вечірніх доїнь чи роботи систем вентиляції. Оптимізація параметрів гібридної СЕС дозволяє досягти мінімальної вартості виробленої енергії (LCOE), яка є значно нижчою за ринкові тарифи, забезпечуючи швидку окупність інвестицій (зазвичай до 4–6 років). Полтавська область має сприятливий рівень сонячної інсоляції (понад 1100–1200 кВт·год/м^2 на рік) [1], що дозволяє ефективно використовувати дахи великих ангарів та зерносховищ для генерації. Проте сезонність аграрних робіт вимагає складних оптимізаційних рішень щодо вибору ємності акумуляторів та потужності інверторів, щоб система не просто генерувала енергію, а робила це максимально синхронно з потребами конкретного господарства. Впровадження ВДЕ знижує «вуглецевий слід» продукції, що стає критичною вимогою для українських агроекспортерів, які орієнтуються на ринки ЄС.

Для ефективного управління гібридної системи із СЕС та УЗЕ, наприклад на базі інверторів Huawei SUN2000 та АКБ LUNA2000, застосовуються алгоритми інтелектуального керування (Smart Management), які мають декілька ключових алгоритмів [2, 3]: 1) алгоритм максимального самоспоживання (Self-Consumption); 2) зрізання пікових навантажень (Peak Shaving); 3) режим «повного резервування» (Full Backup / Island Mode); 4) динамічне керування за часовими зонами (TOU – Time-of-Use); 5) прогностичне керування на основі AI (Predictive Control). Порівняння стратегій керування СЕС та УЗЕ наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняння стратегій керування СЕС та УЗЕ

Алгоритм	Головна мета	Коли використовувати
Self-Consumption	Пряма економія	При високих денних тарифах
Peak Shaving	Зниження навантаження	При малих лімітах потужності мережі
Backup Mode	Автономність	При ризиках блекаутів та відключень
TOU (Time-of-Use)	Арбітраж цін	При наявності зонного лічильника

Ці алгоритми реалізуються через спеціальні пристрої керування (наприклад, Smart Power Sensor та SmartLogger), які забезпечують точність вимірювань та швидкість реакції системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України. Видання третє, оновлене / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2024. 56 с. URL: https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/atlas_2024_publication.pdf.

2. Huawei Enterprise Support. LUNA2000-(5-30)-S0 User Manual. Working Modes of the ESS. URL: https://support.huawei.com.

3. ESS Design and installation guide. URL: https://www.scribd.com/document/945240998/ESS-Design-and-Installation-Manual-UKR.

УДК 621.316

УПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ КОМУТАЦІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ В МЕРЕЖАХ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Касімов О. В., магістрант, e-mail: kasimov@gmail.com
Науковий керівник – доц. Савченко О. А.
Державний біотехнологічний університет

Надійне електропостачання є першочерговою умовою для забезпечення ефективної роботи виробництва та належного рівня життя сільського населення. На сьогодні цей показник залишається недостатньо високим. Повітряні розподільні мережі напругою 10 кВ є одним із ключових елементів системи електропостачання сільських районів. Вони охоплюють сукупність електроустановок, призначених для передачі електричної енергії споживачам із відносно невеликим рівнем споживання. Системи електропостачання сільських районів належать до систем загального призначення, оскільки обслуговують різнорідних споживачів, які не пов'язані між собою єдиним технологічним процесом. На відміну від інших подібних систем, сільські мережі характеризуються значними відстанями від джерел живлення до споживачів та низькою щільністю навантажень. З огляду на це, у роботі досліджено можливості підвищення надійності електропостачання шляхом секціонування та резервування розподільних мереж 10 кВ.

Мета досліджень. Метою роботи є підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів на основі секціонування та резервування розподільних електричних мереж напругою 10 кВ.

Основні матеріали досліджень. Найбільшого поширення в Україні набули повітряні лінії напругою 10 кВ. Нині в експлуатації перебуває понад 305 тис. км таких ліній та близько 200 тис. трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ із сумарною встановленою потужністю 44 тис. кВА. Мережа 10 кВ, як правило, має деревоподібну структуру з перерізами проводів, що поступово зменшуються від головних ділянок до кінця лінії. Переважна більшість ліній 10 кВ у сільській місцевості виконані у повітряному варіанті та зведені переважно на залізобетонних опорах. На таких лініях традиційно використовуються неізольовані сталеалюмінієві та алюмінієві проводи зі штирьовими ізоляторами, хоча останнім часом дедалі частіше застосовуються ізольовані проводи зі зшитого поліетилену. У сільських розподільних мережах напругою 10 кВ застосовуються різні методи забезпечення надійності електропостачання: ручне та автоматичне секціонування, а також автоматичне мережне резервування. Ручне секціонування через повторні пробні вмикання лінії дає змогу виявити пошкоджену ділянку, однак потребує значного часу на пошук. Крім того, при пошкодженнях на головних ділянках лінії велика кількість споживачів залишається знеструмленою на весь період ремонтних робіт. Автоматичне секціонування скорочує тривалість перерв у електропостачанні, проте не розв'язує проблему низької надійності при аваріях на головних ділянках. Автоматичне мережне резервування дозволяє частково усунути ці недоліки.

Висновки. Для підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів у розподільних електричних мережах напругою 10 кВ доцільно впроваджувати автоматичне мережне резервування. Розрахунки підтверджують, що загальне зниження обсягу недовідпущеної електроенергії може становити від 40 до 60 відсотків.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стан електричних мереж та надійність електропостачання сільського господарства / В. П. Лисенко, В. В. Козирський, А. М. Гладкий, А. М. Скрипник. *Електрифікація та автоматизація сільського господарства*. 2005. № 2(11). С. 3–15.

2. Проектування електричних мереж напругою 0,4–110 кВ. Рекомендації: ГІД 34.20.178:2005. Київ: ОЕП «ГРІФРЕ», 2005. 43 с.

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ БАЛАНСУЮЧИХ ПОТУЖНОСТЕЙ ОБ'ЄДНАНОЇ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Козирев А. С., магістр, e-mail: a_kozyrev@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мірошник О. О.
Державний біотехнологічний університет

Історично розвиток електроенергетичних систем більшості країн світу, зокрема України, відбувався за рахунок будівництва потужних теплових (ТЕС) і атомних (АЕС) електростанцій, оснащених високоефективними базовими енергоблоками. Паралельно впроваджувалися високоманеврові потужності, насамперед гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС), які забезпечували регулювання добового графіка навантаження, підвищували надійність і економічність роботи базової генерації.

Електроенергія як специфічний товар характеризується обмеженими можливостями зберігання та транспортування, особливо за умов дисбалансу між виробництвом і споживанням. Забезпечення стабільності роботи енергосистеми, якості електроенергії та ефективного функціонування ринку можливе лише завдяки надійним системним (балансуючим) послугам. Саме ГАЕС завдяки високій маневреності, здатності швидко набирати та скидати навантаження, резервуванню потужності й енергії, а також функції синхронного компенсатора відіграють ключову роль системного координатора. Вони забезпечують частотне регулювання, покриття пікових навантажень і підтримання необхідних параметрів якості електроенергії в режимі реального часу.

Одним із перспективних напрямів вирішення проблеми дефіциту маневрових потужностей є розвиток малої гідроенергетики. В Україні цей сегмент має значний нереалізований потенціал у структурі відновлюваної енергетики. Завдяки наявній інфраструктурі радянських часів, державній підтримці та механізмам стимулювання (зокрема, «зеленому» тарифу на початкових етапах) малі ГЕС приваблюють інвестиції. Вони особливо ефективні для покращення енергозабезпечення віддалених і енергодефіцитних регіонів, сприяючи їхньому соціально-економічному розвитку та децентралізації енергосистеми.

В Україні роздрібний сегмент залишається одним із найменш врегульованих. Він потребує подальшого удосконалення правового регулювання, зокрема щодо систем комерційного обліку, запровадження диференційованих і зонних тарифів, а також стимулювання споживачів до встановлення власних генеруючих потужностей (prosumers). Незважаючи на проведені реформи, механізми розрахунків і балансування значною мірою зберігають централізований характер, що обмежує повну конкуренцію. На сьогоднішній день доцільно запровадити пропорційну фінансову підтримку розвитку відновлюваних джерел енергії з боку всіх учасників ринку – залежно від їхньої частки. При цьому механізм формування та розподілу відповідних коштів має бути максимально прозорим, прогнозованим і ринково орієнтованим.

Висновки. У сучасних умовах, з урахуванням значних пошкоджень енергетичної інфраструктури внаслідок воєнних дій, розвитку розподіленої генерації (у тому числі ВДЕ) та зростання частки нестабільних джерел, роль балансуючих потужностей суттєво посилюється. Перспективними напрямами є не лише розширення потужностей ГАЕС і малих ГЕС, а й активне впровадження систем накопичення енергії (BESS), гібридних комплексів та інтеграція з європейськими ринками балансування. Це дозволить підвищити стійкість і надійність ОЕС України в умовах енергетичного переходу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року від 15.03.2006 р.
2. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*. 2023. 16(6). 2638. https://doi.org/10.3390/en16062638.

УДК 621.548

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВІТРОГЕНЕРАТОРА З ВИКОРИСТАННЯМ КОНЦЕНТРАТОРА ВІТРОВОГО ПОТОКУ В АЕРОДИНАМІЧНІЙ ТРУБІ

Колісник О. В., аспірант, e-mail: o.kolisnyk@nubip.edu.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Горобець В. Г.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Підвищення ефективності вертикально-осьових вітроенергетичних установок (ВВЕУ) в умовах низькопотенційних вітрів (3–5 м/с) є пріоритетним завданням для розвитку розподіленої генерації [1]. Використання стаціонарних аеродинамічних концентраторів дозволяє прискорювати повітряний потік, що натікає на ротор, що є особливо актуальним для покращення пускових характеристик роторів Савоніуса [2].

Експериментальні випробування проводилися в аеродинамічній трубі дозвукових швидкостей. Об’єктом дослідження став ротор Савоніуса, інтегрований із нерухомим криволінійним концентратором. Випробування в контрольованих умовах аеродинамічної труби дозволили забезпечити сталий ламінарний потік повітря для отримання базових енергетичних характеристик генератора. Вимірювання проводилися при роботі генератора PMG-20 на активне навантаження опором 230 Ом.

Установлено, що в умовах стабільного потоку в аеродинамічній трубі використання концентратора дозволяє суттєво розширити робочий діапазон установки. Поріг швидкості самозапуску системи під навантаженням знизився на 30 % – від 2,7 м/с до 1,9 м/с.

Найбільш виражений ефект зафіксовано при швидкості потоку 4,0 м/с: вихідна напруга зросла від 1,63 В до 3,2 В. Відповідно, електрична потужність ($P = U^2/R_H$) збільшилася від 12,39 мВт до 44,8 мВт, що відповідає зростанню енергоефективності у 3,61 раза порівняно з базовою конфігурацією (без використання конфузору) [3].

Слід зазначити, що отримані результати відображають роботу установки в ідеальних умовах аеродинамічної труби. У реальних умовах експлуатації, що характеризуються високою турбулентністю та зміною напрямку вітру, кількісні показники ефективності концентратора можуть відрізнятися, що обумовлює необхідність подальших випробувань в реальних умовах.

Результати експериментів підтвердили, що застосування криволінійного концентратора є ефективним рішенням для покращення енергетичних характеристик ВВЕУ в зоні низьких швидкостей вітру.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кудря С. О. Відновлювані джерела енергії: підручник. Київ: ІВЕ НАНУ, 2022. 512 с.
2. Mohamed M. H., Janiga G. Performance enhancement of a Savonius wind turbine using an obstacle. *Energies*. 2023. Vol. 16, no. 2. 18 p. DOI: https://doi.org/10.3390/en16020583.
3. Омельченко В. О., Капустянський О. В. Аналіз ефективності автономних вітроенергетичних систем низької потужності. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2024. № 1. С. 42–50.

УДК 621.311.25

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СЕС ІЗ УСТАНОВКАМИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Котляр О. А., магістр, e-mail: kotliaroleksandr007@gmail.com
Науковий керівник – проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

Системи водопостачання населених пунктів мають критичне значення для життєдіяльності населення та підприємств, розташованих на їх території. В умовах нестабільної роботи енергосистеми України та дефіциту потужності, внаслідок постійних ударів військ рф по об'єктах енергетики будівництво сонячних електростанція (СЕС) із установками зберігання енергії (УЗЕ) є стратегічним рішенням для електрозабезпечення насосних станцій систем водопостачання. Використання СЕС з УЗЕ для систем водопостачання з резервуарами накопичення води дозволяє оптимізувати витрати не електричну енергію та забезпечити надійне водопостачання споживачів [1].

Визначення необхідної потужності СЕС та ємності і потужності УЗЕ потребує аналізу режимів роботи системи водопостачання (роботи насосів) і режимів генерації СЕС. Для систем водопостачання характерний двопіковий профіль: ранковий пік (7:00–10:00) та вечірній пік (18:00–22:00). У ясні дні максимальна генерація з 11:00 до 15:00 і не збігається з піками водоспоживання, у дні хмарної погоди генерація СЕС має стохастичний характер. Ранкові та вечірні години роботи СЕС характеризуються стрімким зростанням та спаданням потужності генерації. Аналіз дозволяє виділити дві критичні зони: 1) зона надлишку, коли генерація СЕС перевищує потреби насосів, у цей час УЗЕ повинно заряджатися, а насоси повинні працювати з максимальною потужністю для заповнення резервуарів; 2) зона дефіциту енергії (ранок / вечір / ніч) коли генерація невелика або відсутня і потреби в ній повинні покриватися УЗЕ.

Для забезпечення оптимальної роботи СЕС з УЗЕ для систем водопостачання повинна використовуватися стратегія керування енергопотоками (Energy Management Strategy) [2], яка базується на принципі ієрархічного розподілу пріоритетів. Головною метою стратегії є максимізація використання власної генерації для забезпечення безперебійної роботи насосів при мінімальних циклах розряду АКБ. Основними рівням цієї стратегії є такі пріоритети: 1) Пріоритет «Direct Consumption» (пряме споживання) – вся електроенергія, що генерується СЕС, у першу чергу використовується для живлення електродвигунів насосів. Це найбільш енергоефективний шлях, оскільки він виключає втрати на подвійне перетворення в акумуляторах УЗЕ; 2) Пріоритет «Water Storage» (гідравлічне накопичення) – коли генерація СЕС перевищує поточне споживання, електрична енергія використовується на наповнення резервуару водонапірної башти; 3) Пріоритет «Battery Buffering» (електричне накопичення) – УЗЕ заряджаються, коли водні резервуари уже заповнені або коли потужність СЕС надто мінлива. УЗЕ згладжує просідання напруги під час проходження хмар та забезпечує високі пускові струми при запуску насосів; 4) Пріоритет «Grid Interaction» (взаємодія з мережею) – якщо УЗЕ заряджені і резервуари заповнені, то електроенергія може віддаватися в мережу за наявності договору. При дефіциті електроенергії централізована мережа використовується як критичне джерело живлення для підтримки критичного рівня води в резервуарах, якщо УЗЕ розряджені до критичного рівня (DOD 80 %). Результатом такої стратегії є система, де резервуари води є первинними акумуляторами, а УЗЕ – вторинним, що дозволяє забезпечити 100 % водозабезпечення споживачів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Павлов А. О., Мороз О. М., Мірошник О. О., Пазій В. Г., Середа А. І. Методика розрахунку споживання електричної енергії насосними станціями системи водопостачання. *Матеріали конференції*. Харків : ДБТУ, 2024. С. 35–37.URL: http://surl.li/jftxmq.

2. International Energy Agency (IEA), Water-Energy Nexus, World Energy Outlook Special Report. Paris, 2016.URL: https://www.iea.org/reports/water-energy-nexus.

УДК 621.3:331.45

АНАЛІЗ ВИТРАТ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ

Кравцов А. М., бакалавр, e-mail: irina361prime@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Гострий дефіцит органічного палива, викликаний підвищенням його ціни до світового рівня, економічна криза в паливно-енергетичному комплексі, пов'язана з постійними неплатежами за спожиту електричну енергію, зниження електор споживання внаслідок падіння виробництва як в промисловості так і в сільському господарстві привели до значного зменшення виробітку електричної енергії на електричних станціях. Сьогодні на теплових електростанціях, внаслідок неможливості закупівлі газу, вугілля, мазуту, працює тільки 10–15 % обладнання.

Викликані з цих причин обмеження в електроспоживанні, що вводяться кожного року, а, особливо, в періоди осінньо-зимових максимумів навантажень в енергосистемі, привели до того, що споживання електричної енергії в області в цілому зменшилось.

Ураховуючи економічний стан в державі в цілому і, зокрема, в паливно-енергетичній галузі великих надій на значне збільшення виробництва електроенергії на електростанціях в найближчими роками немає. А тому одним із шляхів задоволення потреб споживачів енергії при сьогоднішньому рівні її виробництва на електростанціях є раціональне їх використання та заощадження.

Об'єм постачання електричною енергією споживачам має тенденцію до зменшення, внаслідок ліквідації великих тваринницьких ферм в сільському господарстві району, скорочення промислового виробництва, а також зменшення кількості населення, а з ним і ліквідацію закладів соціально-побут Разом з тим зростає ціна покупної електроенергії через постійне збільшення палива до світового рівня. Паливна складова в ціні електроенергії досягає 90 %.

Ці причини не дають можливості акумулювати необхідні кошти на відновлення і реконструкцію електромереж району. На сьогоднішній день фактично проводяться тільки підтримуючі ремонти ліній електропередач і підстанцій.

До заходів, направлених на зменшення витрат електричної енергії на транспортування в електричних мережах належить організаційні, що включають оптимізацію місць розімкнення ліній електропередачі напругою 35–10 кВ із двостороннім живлення, оптимізацію робочих напруг в центрах живлення радіальних електромереж, вирівнювання навантажень фаз в електричних мережах 0,4 кВ.

Зниження витрат електроенергії на власні потреби підстанцій, виконання робіт під напругою та технічні заходи, які включають заміну проводів на перевантажених, установлення додаткових трансформаторів на діючих підстанціях, заміну не до навантажених трансформаторів,установлення та введення в дію компенсуючи пристроїв у промислових споживачів, розукрупнення розподільчих ліній 0,4–10 кВ, заміна відгалужень від лінії 0,4 кВ до споживачів,оптимізація завантаження електричних мереж за рахунок капітального будівництва і ряд інших.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Танкевич Є. М., Яковлєва І. В. Вимірювання струмів в трифазних вимірювальних комплексах потужності та електроенергії. *Технічна електродинаміка*. 2017. №1. С. 58–61.

2. Колпак Б., Гусєв О., Горобец І. Мікропроцесорні засоби обліку енергоносіїв. Забезпечення достовірності результатів вимірювань. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2018. №2. С. 42–45.

УДК 620.9:621.355

ПРОТОЧНІ БАТАРЕЇ – МАЙБУТНІ ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Крамаренко М. С., аспірант, e-mail: kramarenko.s.maksim@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чаусов С. В.
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

Альтернативна енергетика сьогодні є однією з найважливіших тем у глобальній економіці, технологіях та екології. Її стрімкий розвиток обумовлений потребою в зниженні залежності від викопних видів палива, боротьбі зі зміною клімату та пошуку стабільних джерел енергії для сталого розвитку людства. Цей сектор включає відновлювані джерела енергії, такі як сонячна, вітрова, гідроенергетика, геотермальна енергія та біомаса. У 2020-х роках уряди багатьох країн оголосили про стратегії поступового переходу на безвуглецеву економіку, що робить альтернативну енергетику ключовим фактором для досягнення екологічних цілей.

Акумуляторні системи зберігання енергії стають дедалі важливішими, оскільки світ рухається до низьковуглецевої економіки, оскільки вони дозволяють надійно та ефективно інтегрувати відновлювані джерела енергії.

Ринок окисно-відновних (проточних) акумуляторів, хоча й менш відомий, ніж звичайні літієві або твердотільні акумулятори, набирає обертів як надійна та життєздатна альтернатива великомасштабному довгостроковому накопиченню енергії. З прогнозованим середнім річним темпом зростання 19,9 % до 2030 року, ці акумулятори обіцяють трансформувати як накопичення відновлюваної енергії, так і стабільність енергосистеми.

Головним з викликів, наразі, є ефективна індустріалізація їхніх виробничих процесів. Хоча такі технології, як ванадій, є відносно передовими, великомасштабне виробництво залишається перешкодою. Будівництво виробничих потужностей, які можуть виробляти ці батареї економічно та відповідно до необхідних стандартів якості, має вирішальне значення. Крім того, збільшення масштабів має здійснюватися без шкоди для ефективності та довговічності батарей, аспектів, які є важливими для прийняття на ринку.

Системи акумуляторних батарей “Vanadium Redox” пропонують безпечні, масштабовані та тривалові рішення для зберігання енергії. Ці системи, розроблені для інтеграції на рівні та відновлюваної енергії, забезпечують стабільну продуктивність, використовуючи вдосконалену технологію “Vanadium Redox Flow Cell”. Система забезпечує високу енергоефективність та низьку деградацію, що робить акумулятори відновлення ванадію ідеальним для тривалого використання. Завдяки оптимізованому управлінню електролітами та інтелектуальним контролем, рішення для окислювально-відновлювального потоку забезпечують підвищену надійність та стійкість. Ці ванадієві окислювально-відновлювальні батареї добре підходять для мікрогридів, пікових гоління та енергетичних систем резервного копіювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Vanadium Redox Flow Batteries An In-Depth Analysis, EPRI, Palo Alto. 2007. 102 p.
2. China Energy Storage Allliance (CNESA). CNESA Global Energy Storage Market Analysis 2019.Q4 (Summary). 2020. URL: http://en.cnesa.org/latest-news/2020/5/28/cnesa-global-energy-storagemarketanalysis-2020q1-summary (accessed on 15 October 2020).
3. Inter Netri Journal. URL: https://internetri.net/qntm/2020/06/27/alternatyvna-energetyka-u-sviti-suchasnyj-stan-perspektyvy-ta-vyklyky/
4. https://cicenergigune.com/en/blog/redox-flow-batteries-potential-alternatives-challenges

УДК 621.311:621.039.5:629.3

ІНТЕГРАЦІЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАРЯДНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Лисенко К. Д., бакалавр, e-mail: kirillkagarilka@gmail.com
Науковий керівник – д-р філософії (PhD), доц. Багач Р. В.
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Сучасна енергетика переходить до децентралізованих систем з великою часткою відновлюваних джерел. Зростання кількості електромобілів створює нерівномірне та пікове навантаження на мережу, що робить актуальною інтеграцію локальних джерел енергії у зарядну інфраструктуру для синхронізації генерації та споживання [1].

Метою роботи є розробка теоретичних засад та проведення системного аналізу інтеграції відновлюваних джерел енергії в системи електропостачання зарядної інфраструктури електромобілів із визначенням умов підвищення енергоефективності та надійності функціонування.

Архітектура гібридної системи електропостачання. Система зарядної станції включає відновлювані джерела (сонячні та вітрові), накопичувачі енергії, силову електроніку (DC/DC, DC/AC) та інтелектуальне керування, з можливістю роботи в мережі або автономно (microgrid) [2].

Аналіз енергетичних потоків. Енергетичний баланс системи описується рівнянням:

$$PRES + Pgrid + Pstorage = Pload + Ploss,$$

де *PRESP* – потужність відновлюваних джерел, *Pgrid* – потужність мережі, *Pstorage* – потужність накопичувача, *Pload* – навантаження (зарядка електромобілів), *Ploss* – втрати.

Максимальна ефективність досягається при узгодженні генерації та споживання, використанні накопичувачів і прогнозного керування. Інтеграція з динамічними системами заряджання потребує стабільності потужності, швидкодії керування та мінімізації втрат. Буферні накопичувачі компенсують нестабільність генерації та забезпечують безперервне енергопостачання. Ефективність оцінюється коефіцієнтом використання відновлюваної енергії, автономністю, втратами та економічністю.

Результати аналізу свідчать, що впровадження гібридних систем дозволяє:

- зменшити навантаження на централізовану мережу на 30–60 %;
- підвищити енергоефективність на 15–25 %;
- знизити експлуатаційні витрати у довгостроковій перспективі.

Наукова новизна полягає в інтеграції ВДЕ у зарядну інфраструктуру з урахуванням динаміки, моделі енергобалансу та адаптивного керування для стабільності системи.

Висновки. Інтеграція відновлюваних джерел у зарядну інфраструктуру підвищує ефективність, надійність та автономність. Найефективніші локальні кластери (microgrid) оптимізують розподіл енергії. Поєднання з динамічними системами заряджання сприяє енергонезалежній транспортній інфраструктурі. Подальші дослідження слід зосередити на цифрових двійниках, ШІ для прогнозування та стандартизації інтеграції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Багач Р. В. Підвищення ефективності експлуатації автомобільного електротранспорту з використанням зарядних станцій постійного струму (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет). 2024. https://dspace.khadi.kharkov.ua/handle/123456789/20343

2. Багач Р. В., Латвинський В. Д. Інноваційні системи живлення електротранспорту з технологіями V2G та V2B. *Сучасне автомобілебудування, транспорт і дорожня інфраструктура‘2025 (MAITRI 2025): наук. праці Міжнар. наук.-практ. конф*. Харків, 2025. С. 300–303. https://drive.google.com/file/d/13q645XbyYZfncE4ZDNiHUBg_eTQy2bw2/view

УДК 621.314.58:620.91

ЗАСТОСУВАННЯ GRID-FORMING ІНВЕРТОРІВ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ З ІНТЕГРОВАНИМИ ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Маланчук М. С., студент, e-mail: malanchuk@nubip.edu.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Павленко В. М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Інтеграція відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) — сонячних та вітрових електростанцій — в об'єднану енергосистему супроводжується зниженням сумарної інерції мережі та появою значних коливань частоти й напруги через нестабільний характер генерації. Традиційні grid-following інвертори, що лише «відстежують» параметри мережі, не здатні самостійно формувати опорну напругу та частоту. Натомість grid-forming (GFM) інвертори імітують поведінку синхронного генератора, забезпечуючи синтетичну інерцію та активну підтримку балансу потужності [1]. Світовий ринок GFM-інверторів у 2024 році оцінювався у 1,2 млрд дол. США і прогнозується до зростання до 1,06 млрд дол. у 2029 році з CAGR 8,9 % [1]. Метою роботи є аналіз принципів роботи «розумних» GFM-інверторів та оцінка їхньої ефективності для стабілізації електромереж з ВДЕ.

Принцип роботи grid-forming інверторів. На відміну від grid-following інверторів, GFM-інвертори самостійно встановлюють амплітуду і частоту вихідної напруги, формуючи «жорстке» джерело для підключених споживачів і генераторів. Ключові алгоритми керування — Virtual Synchronous Generator (VSG) та droop-control — дозволяють інвертору відтворювати механічну інерцію ротора синхронної машини в програмному середовищі, реагуючи на відхилення частоти зміною активної потужності протягом 10–100 мс [2]. Це принципово важливо: при миттєвій частці ВДЕ понад 68 % (як в Австралії у 2024 р.) саме GFM-ресурси забезпечують стійку синхронізацію та можливість «чорного пуску» після аварій [1].

Компенсація реактивної потужності та якість електроенергії. Силові перетворювачі ВДЕ є джерелами вищих гармонік та флуктуацій реактивної потужності, що без компенсації можуть спричинити відхилення cosφ і підвищити втрати в мережі на 10–50 % [3]. Сучасні GFM-інвертори із вбудованими функціями STATCOM здатні динамічно компенсувати реактивну потужність з точністю до cosφ = 0,97–0,98 у реальному часі, що усуває необхідність встановлення окремих конденсаторних установок [3]. Додатково алгоритми активної фільтрації придушують гармоніки струму до рівня THD < 3 %, що відповідає вимогам стандарту IEC 61000-3-2. Інтеграція GFM-інверторів у мікромережі дозволяє реалізувати «острівний» режим роботи без втрати стабільності навіть за повного відключення від централізованої мережі [2].

Застосування в умовах України. В умовах воєнних пошкоджень генеруючих потужностей децентралізовані мікромережі на базі ВДЕ з GFM-інверторами стають ключовим елементом відновлення енергосистеми. У 2024 році парламент України звільнив інвертори від ввізного мита та ПДВ, що прискорило їх імпорт і впровадження [1]. Оптимізація розподілу енергії в мікромережах з інтеграцією ВДЕ та інтелектуальні алгоритми керування GFM-інверторами дозволяють суттєво підвищити надійність електропостачання сільськогосподарських і промислових об'єктів [2].

Grid-forming інвертори є ключовим технологічним рішенням для стабілізації електромереж з високою часткою ВДЕ: вони забезпечують синтетичну інерцію, активну компенсацію реактивної потужності та підтримку якості електроенергії без участі традиційних синхронних генераторів. Впровадження GFM-технологій у децентралізовані енергосистеми України є перспективним напрямом підвищення надійності та стійкості електропостачання в умовах воєнного часу та переходу до «зеленої» енергетики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Grid Forming Inverter Market Research Report 2033. ResearchIntelo. 2025. URL: https://researchintelo.com/report/grid-forming-inverter-market (дата звернення: 02.04.2026).

2. Іванченко А. М., Павленко В. М. Оптимізація розподілу енергії в мікромережах з інтеграцією ВДЕ. *Енергоефективний університет: матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф.*, 23 жовт. 2025 / КУТД. Київ, 2025. С. 29.

3. Electrocontrol. Пристрої компенсації реактивної потужності. URL: https://electrocontrol.com.ua/ua/stati-sxemy-i-spravochnaya-informaciya/ustrojstva-kompensacii-reaktivnoj-moshhnosti.html (дата звернення: 02.04.2026).

УДК 621.316

ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Март'янов О. О., магістр, e-mail: martjanov@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мірошник О. О.
Державний біотехнологічний університет

За сучасного рівня розвитку мікропроцесорної техніки та мережних технологій до електричних мереж пред'являються високі вимоги. Комп'ютерна мережа повинна забезпечувати високу швидкість передачі даних, відповідну конкретним умовам експлуатації, бути мобільною, підтримувати велику кількість точок доступу без необхідності прокладання додаткових кабелів. Крім того, вона має бути простою в адмініструванні, володіти високою надійністю при відносно простих технічних рішеннях, забезпечувати сумісність із різними типами мережного обладнання та залишатися економічно доцільною [1].

У сучасних умовах глобальної цифровізації, яка охоплює як побутовий сектор, так і промислові підприємства, організації та енергетичні об'єкти, виникає нагальна потреба в організації надійних і ефективних комп'ютерних мереж. Одним із перспективних рішень для передачі даних без додаткової інфраструктури є технологія PLC – передача інформації по існуючих лініях електропередачі.

Технологія Power Line Communication (PLC) дозволяє використовувати електричну мережу одночасно для передачі електроенергії та даних. Головною перевагою PLC є принцип Plug & Play: абонентський модем (адаптер) не потребує складного налаштування. Після підключення до звичайної розетки він автоматично встановлює зв'язок з головним пристроєм, отримує IP-адресу та налаштовує конфігурацію мережі. Це суттєво спрощує розгортання системи та знижує витрати на монтаж і обслуговування.

PLC-технологія особливо ефективна там, де прокладання додаткових кабелів є складним, дорогим або взагалі неможливим. Вона дозволяє швидко організувати локальну мережу для передачі даних на відносно невеликі відстані (до кількох сотень метрів у широкосмуговому варіанті) без значних капітальних вкладень [2].

Висновки. На сьогодні технологія PLC є перспективним і економічно вигідним рішенням для організації інформаційного обміну в енергетичних системах. Її застосування дозволяє значно знизити витрати на створення мереж передачі даних, підвищити оперативність управління енергетичними об'єктами та забезпечити надійний збір інформації з різноманітних пристроїв.

З урахуванням швидкого розвитку мікропроцесорної техніки та зростання вимог до інтелектуалізації енергетичних систем, широкосмугові технології PLC мають значний потенціал для широкого впровадження в найближчій перспективі. Вони можуть бути ефективно використані в різних галузях: від систем телеметрії та автоматизованого збору показників лічильників комунальних ресурсів (електроенергія, вода, тепло) до створення багатофункціональних інтелектуальних систем управління будівлями (Smart Home / Smart Building) та розподільних мережах електроенергетики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qawaqzeh M.Z., Miroshnyk O., Shchur T., Kasner R., Idzikowski A., Kruszelnicka W., Tomporowski A., Bałdowska-Witos P., Flizikowski J., Zawada M., et al. Research of Emergency Modes of Wind Power Plants Using Computer Simulation. *Energies*. 2021. 14(16). 4780. https://doi.org/10.3390/en14164780.

2. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*. 2023. 16(6). 2638. https://doi.org/10.3390/en16062638.

УДК 621.311.243: 621.311.61

МІНІМІЗАЦІЯ ФІНАНСОВИХ ВТРАТ ВІД НЕБАЛАНСІВ МЕРЕЖЕВИХ СЕС ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ УСТАНОВКИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ ТА ПРЕДИКТИВНОГО АНАЛІЗУ ГЕНЕРАЦІЇ

Мащенко І. А., магістр, e-mail: maschenko1515@gmail.com
Науковий керівник – проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

В умовах динамічного зростання частки сонячних електростанцій (СЕС) в Україні [1], ключовим критерієм їхньої ефективності стає здатність мінімізувати фінансові втрати від небалансів через прогнозування та акумулювання енергії. Такий підхід суттєво покращує інвестиційні показники СЕС, водночас перетворюючи їх на гарантоване джерело живлення, здатне підтримувати автономність об’єктів критичної інфраструктури під час відключень від централізованої мережі. Оскільки генерація СЕС має стохастичний характер [2], похибки у прогнозуванні призводять до значних економічних втрат через необхідність купівлі або продажу енергії на балансуючому ринку за невигідними цінами. Інтеграція установок зберігання енергії (УЗЕ) дозволяє нівелювати ці відхилення, виступаючи оперативним буфером між фактичною видачею потужності та заявленим графіком. Водночас застосування методів предиктивного аналізу дає змогу оптимізувати ємність УЗЕ, знижуючи капітальні витрати та подовжуючи термін їхньої служби за рахунок зменшення кількості циклів спрацювання. Таким чином, створення комплексної системи керування на основі прогнозування та акумулювання є критично важливим для підвищення рентабельності СЕС та забезпечення стабільності енергосистеми в умовах сучасних викликів.

Методи прогнозування генерації СЕС поділяються на фізичні, статистичні та комбіновані підходи. Фізичні методи базуються на чисельних моделях прогнозу погоди (NWP – Numerical Weather Prediction) [3] та враховують геометричні параметри розміщення фотоелектричних модулів (ФЕМ): кут нахилу, азимут, а також ефекти взаємного затінення рядів та локальний рельєф місцевості. Статистичні методи, зокрема на основі штучного інтелекту та нейронних мереж, виявляють закономірності в історичних даних генерації без глибокого аналізу фізичних процесів.

Установки зберігання енергії (УЗЕ) відіграють роль «динамічного буфера», який нівелює розрив між теоретичним прогнозом та реальною генерацією, що залежить від миттєвих погодних умов. Для розрахунку оптимальної ємності УЗЕ, яка б ефективно компенсувала похибки прогнозування використовують метод сценарного моделювання небалансів [4], основними кроками якого є: 1) аналіз статистичної похибки; 2) визначення тривалості відхилення; 3) глибина розряду (DoD) та резерв УЗЕ; 4) пошук економічного оптимуму при якому порівнюються два графіки: витрати на збільшення ємності УЗЕ та потенційні штрафи за небаланси, які ця ємність допоможе уникнути. Оптимальна точка – це мінімум сумарних витрат. Найвищу рентабельність мають системи, що покривають 70–85 % відхилень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попит на сонячні електростанції в Україні зріс майже вдвічі за рік. *Комерсант*. 11 березня 2026 р. URL: https://komersant.ua/popyt-na-soniachni-elektrostantsii-v-ukraini-zris-mayzhe-vdvichi-za-rik-ekspert/.

2. Мороз О. М., Мірошник О. О., Павлов А. О., Савченко О. А., Тоберт М. Ю. Експериментальні дослідження факторів впливу на генерацію сонячної електростанції. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність*. 2021. Вип. 2(3). С. 114–123. https://doi.org/10.20998/2224-0349.2021.02.04.

3. Quentin Paletta, Guillermo Terrén-Serrano, Yuhao Nie, Binghui Li, Jacob Bieker, Wenqi Zhang, Laurent Dubus, Soumyabrata Dev, Cong Feng. Advances in solar forecasting: Computer vision with deep learning. *Advances in Applied Energy*. 2023. Volume 11. 100150. https://doi.org/10.1016/j.adapen.2023.100150.

4. Feng L., Zhang X., Li C., Li X., Li B., Ding J., ... & Chen H. Optimization analysis of energy storage application based on electricity price arbitrage and ancillary services. *Journal of Energy Storage*. 2022. Volume 55. 105508. https://doi.org/10.1016/j.est.2022.105508.

УДК 620.9

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ AC ТА DC АРХІТЕКТУР ДЛЯ ЖИТЛОВОГО СЕКТОРУ: ФОКУС НА УСУНЕННІ ЗАЙВИХ ЕТАПІВ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ

Міщенко Д. О., аспірант, e-mail: denismishchenko11@gmail.com
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»

Сучасний житловий сектор зазнає суттєвої трансформації через масове впровадження сонячних фотоелектричних панелей (PV), систем накопичення енергії (BESS) та поширення побутової електроніки, що працює на постійному струмі (DC). Традиційна архітектура змінного струму (AC), яка була стандартом протягом століття, при інтеграції таких компонентів стикається з проблемою множинних етапів перетворення енергії (DC-AC-DC), що призводить до кумулятивних втрат потужності.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення загального ККД локальних енергосистем. Використання архітектури постійного струму у межах приватного домоволодіння або багатоквартирного будинку дозволяє усунути проміжні інвертори та випрямлячі. Це не тільки знижує втрати енергії, які в середньому складають 5–15% на кожному етапі перетворення, але й зменшує вартість системи за рахунок спрощення силової електроніки.

У роботі проводиться порівняльний аналіз енергоефективності двох підходів. Основна увага приділена «ефекту усунення перетворень». У типовій AC-системі енергія від сонячних панелей проходить через інвертор (DC-AC), щоб потрапити в мережу будинку, а потім через блоки живлення побутових приладів (AC-DC) для кінцевого споживання. Перехід до DC-розподілу дозволяє забезпечити пряме живлення цифрових навантажень, світлодіодного освітлення та електротранспорту безпосередньо від шини постійного струму.

Метою дослідження є кількісна оцінка потенціалу енергозбереження при переході на DC-архітектуру в житлових будинках з високим ступенем проникнення відновлюваних джерел енергії.

У рамках дослідження передбачається:

- аналіз топологій побудови житлових DC-мікромереж з різними рівнями напруги (наприклад, 48В та 380В);
- моделювання втрат енергії в статичних перетворювачах для обох типів архітектур;
- оцінка надійності та електромагнітної сумісності обладнання в умовах DC-мережі.

Об’єктом дослідження є процеси розподілу та споживання електричної енергії в житлових будівлях, а предметом – порівняльна енергоефективність AC та DC архітектур. Впровадження результатів дослідження дозволить оптимізувати енерговитрати, підвищити автономність житлового сектору та прискорити декарбонізацію енергетики України.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Щербініна С.А. & Шевченко О.М. (2022). Інформаційна підтримка забезпечення енергоефективності житлового сектора України. *Digitalization and information society. Selected issues: Monograph*. Katowice, Poland.

2. ДСТУ Б EN ISO 52000-1:2019. Енергетичні характеристики будівель. Загальні рамки. Київ: УкрНДНЦ, 2019.

3. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII від 22.06.2017.

УДК 621.316

ПРОТОЧНІ БАТАРЕЇ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ У ЗБЕРІГАННІ ЕНЕРГІЇ

Мотайло М. С., аспірант, e-mail: maksim.motaylo@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

У зв'язку зі стрімким зростанням частки відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) – сонячних та вітрових електростанцій (СЕС, ВЕС) – критично важливим стає ефективне зберігання надлишкової електроенергії для подальшого використання. Стохастичний характер генерації ВДЕ зумовлює потребу у накопичувачах, здатних утримувати значні обсяги енергії протягом годин або навіть днів [1]. Одним із гнучких рішень для стаціонарного накопичення є проточні акумулятори (Redox Flow Battery, RFB).

Літій-іонні батареї ефективні для короткочасного зберігання, але вони мають певні проблеми з економічності, безпеки та термінів експлуатації. RFB в останні роки розглядаються як оптимальні рішення для зберігання від десятків кВт·год до сотень МВт·год [2]. Проточні системи легко масштабуються: для збільшення енергії потрібно додати об'єм резервуарів з електролітом, а для потужності – кількість комірок. Проточні батареї використовуються для довготривалого акумулювання енергії від СЕС та ВЕС, накопичуючи її при надлишковій генерації і віддаючи її в піковий попит при низькій генерації або за її відсутності вночі чи в безвітряні дні [1]. Водночас RFB широко застосовують для балансування енергомережі: згладжування піків, забезпечення резервної потужності та стабільності електропостачання. Ванадієві RFB вже використовуються як у побутових установках, так і в великих комерційних проектах [3].

Ніша RFB – довготривале зберігання енергії (10–36 год). Вони менш ефективні у швидких циклах (<1 год), проте забезпечують стабільне електропостачання протягом кількох годин і довше [4]. Основним обмеженням залишається низька енергетична щільність, приблизно у 5–10 разів менша, ніж у літій-іонних систем [4]. Поточні дослідження зосереджені на подоланні цього недоліку, зокрема на пошуку дешевших і стабільніших електролітів, а також вдосконалених мембран та електродів.

Типові показники ККД RFB знаходяться в діапазоні 60–85%. Кулонівська ефективність заряду ~99% завдяки точно регульованому потоку іонів; співвідношення потужності до ємності легко регулюється: батареї краще працюють при тривалих розрядах, у цьому діапазоні вони порівнянні або дешевші за Li-ion. Термін служби ванадієвих RFB перевищує 20 000 циклів (15–25 років при двох циклах на добу) [2]. Основна причина деградації – пасивний перенос активних іонів через мембрану, так званий «кросовер», і накопичення в мембрані побічних продуктів, корозія електродів.

Таким чином, проточні акумулятори не замінюють літій-іонні накопичувачі у всіх сферах, проте доповнюють їх у завданнях безпечного та довготривалого зберігання енергії. Поєднання надійності, безпечності й здатності утримувати енергію протягом тривалого часу робить RFB важливим елементом інтеграції ВДЕ та побудови стійких енергомереж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Flow batteries for grid-scale energy storage. *MIT News, Massachusetts Institute of Technology*. URL: https://surl.li/wwxprh.

2. Scott A. Flow batteries, the forgotten energy storage device. *Chemical & Engineering News*. URL: https://surli.cc/awqyrj.

3. Emmel, D., Kunz, S., Blume, N. *et al.* Benchmarking organic active materials for aqueous redox flow batteries in terms of lifetime and cost. *Nat Commun* 14, 6672 (2023). https://doi.org/10.1038/s41467-023-42450-9.

4. Scott A. Flow batteries, the forgotten energy storage device. *Chemical & Engineering News*. URL: https://surl.li/sksrmy.

УДК 621.311.1:004.9

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Мошак В. Я., бакалавр, e-mail: oceanalexx@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Козак О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Основним підходом проєктування інтелектуальних систем електропостачання можна назвати наступне: «Використовуючи все найкраще, що було в традиційних електричних мережах (надійність, взаємозамінність), доповнити їх новими технологіями (Smart grid, сонячні та вітряні електростанції) і отримати нову, сучасну енергосистему, що задовольняє запити всіх її учасників».

Необхідно керуватися трьома основними технологічними процесами: виробництвом електроенергії; споживанням електроенергії; захист автономних мереж від нештатних режимів роботи (КЗ, перевантаження).

Управління виробництвом електричної енергії полягає в наступному [1]: забезпечити таке розташування вітряного колеса у просторі, щоб воно оберталося з максимальною частотою; забезпечити такий нахил сонячних панелей їхню орієнтацію на сонці щоб ККД фотоелементів була максимальною; забезпечити максимальний заряд буферних ємнісних накопичувачів енергії та ін.

Управління споживанням електричної енергії полягає в наступному [1]: вибір каналу передачі електричної енергії; підключення споживача до джерела електроенергії (вітряк, сонячна панель, бензогенератор, традиційна електромережа); використання якого в даний момент забезпечує мінімальні втрати електроенергії; вибирати момент включення постійних електроприймачів (електронагрівник, свердловинний насос тощо) залежно від часу доби, піків навантаження, для оптимізації завантаження генераторів; підключення ємнісного накопичувача енергії, якщо потужності основного джерела енергії недостатньо і т.д.

У разі аварійної ситуації управляючі елементи мережі повинні своєчасно відключати аварійний ділянку від локальної електричної мережі, цим виключаючи її ушкодження, а живлення споживача переводити інше джерело енергії [1].

Без тісного спілкування між споживачем та постачальником електричної енергії, для виконання перерахованих функцій потрібні лічильники електричної енергії, датчики струму та напруги з можливістю передачі інформація онлайн та офлайн, потрібні перемикаючі пристрої з можливістю дистанційного керування.

І головне, звичайно, це центральний обробний пристрій (комп'ютер) із записаними програмами, що управляють.

Згідно з аналізом міжнародної дослідницької групи Gartner, основними технологічними трендами застосування IT в енергетиці є: орієнтація IT-постачальників формування доданої вартості клієнтам; системи аналізу та прийняття рішень; вебсервіси та Web 2.0; мобільні технології; надання бізнес-додатків як сервісів; інфраструктура інтелектуальних лічильників; єдине управління інформацією у масштабах всього підприємства».

Майже кожен кінцевий споживач знайде собі користь від застосування інтелектуальних систем електропостачання. Впровадження системи забезпечує підприємствам безперервний контроль та оптимізацію витрат електроенергії, а приватним власникам – автоматизацію багатотарифного обліку та звітності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mikhailova L., Dubik V., Kozak O., Gorbovy O. Prospects for use of smart meters to reduce electricity losses in Ukraine’s power grids. *Machinery and Energetics Open source preview*. 2025. № 16(2). P. 146–158.

УДК 621.3:331.45

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ У МЕРЕЖАХ 0,4 кВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЧНОГО ПЕРЕМИКАЧА ФАЗ

Наговіцин С. С., бакалавр, e-mail: stasnagovicyn4@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Зростання споживаних потужностей та числа споживачів, збільшення протяжності розподільчих мереж та знос електрообладнання призводять до нестабільності напруги, значних втрат електроенергії, падіння напруги у найбільш віддалених споживачів. Відхилення параметрів електричної мережі від номінальних значень знижує якість роботи електрод приймачів та завдає матеріальної та фінансової шкоди споживачам. Електропостачання населених пунктів у сільській місцевості має низку особливостей порівняно з електропостачанням промислових підприємств та міст.

Головна з них – необхідність підводити електроенергію до великої кількості порівняно малопотужних об'єктів, розосереджених на значній території. Через війну довжина мереж (з розрахунку на одиницю потужності споживачів) набагато більше, ніж у інших галузях, а вартість електропостачання сільському господарстві становить до 77 % загальної вартості електрифікації, включаючи витрати на робочі установки Процеси старіння та зносу розподільчих мереж значною мірою відносяться до ПЛ напругою 0,4 кВ.

Необхідним вирішенням цієї проблеми є реконструкція розподільчих мереж 10/0,4 кВ розукрупненням центрів живлення та побудовою розгалуженої мережі повітряних ліній 0,4 кВ з малими довжинами для мереж з фіксованим, розподіленим на території навантаженням.

Найчастіше розукрупнення ЦП і ПЛ потребує значних фінансових і матеріальних витрат і важко здійснити у стислий термін, неможлива реконструкція через обмеження ландшафту місцевості. У сільській місцевості глибока модернізація електрон мережевого комплексу недоцільна через сезонність навантаження. Внаслідок чого, у протяжних, зношених та застарілих ПЛ спостерігається нестабільність напруги, значні втрати, відхилення напруги у найбільш віддалених споживачів. Найбільш помітно ці проблеми проявляються у сільських розподільчих мережах з великою довжиною повітряних ліній напругою 0,4 кВ.

У даний час побудова розподільних електричних мереж напругою 0,4–10 кВ ведеться концептуально за декількома напрямками: реконструкція розподільчих мереж напругою 0,4–10 кВ шляхом розукрупнення ЦП та побудови розгалуженої мережі напругою 0,4 кВ з невеликими довжинами ліній для мереж із рівномірно розподіленим навантаженням; будівництво мережі напругою 10 кВ із комплектними ТП 10/0,4 кВ та живленням фіксованого числа споживачів від кожної КТП для мереж з перспективою територіального розвитку, подальшого збільшення та розподілу навантаження; встановлення воль то додаткових трансформаторів 0,4 кВ для екстреного реагування за скаргами споживачів на якість електроенергії. Напрямки є основними технічними заходами щодо реконструкції та нового будівництва комплексу електричних мереж напругою 0,4–10 кВ.

Під новим будівництвом мають на увазі будівництво об'єктів електропостачання, технологічних споруд, комунікацій, будівель) для створення нових побутових та виробничих потужностей, яке виробляється на нововідведених для електродмережевого комплексу земельних ділянках.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабюк С. М., Задорожний С. О., Красножон М. П. Вплив відхилення напруги в мережі 0,4 кВ: причини, наслідки та шляхи вирішення проблеми. *Актуальні задачі сучасних технологій: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* Тернопіль, 2023.

УДК 621.311

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Оберемок Д. О., аспірант, e-mail: dimaoberemok1992@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мірошник О. О.
Державний біотехнологічний університет

Застосування технологій штучного інтелекту (ШІ) створює нові можливості для підвищення ефективності управління енергетичними системами. Використання алгоритмів глибинного навчання забезпечує підтримання балансу між виробництвом та споживанням електроенергії, що сприяє зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності функціонування електричних мереж [1].

Важливою перевагою використання інтелектуальних алгоритмів є здатність до виявлення прихованих закономірностей і взаємозалежностей у процесах генерації та споживання, що формує передумови для подальшого підвищення енергоефективності. Засоби ШІ забезпечують прогнозування майбутніх обсягів виробництва електроенергії та формування рекомендацій щодо її оптимального використання як у масштабі національних енергосистем, так і на рівні індивідуальних відновлюваних джерел, зокрема приватних сонячних установок.

Подібні підходи впроваджуються і в Україні. Зокрема, у групі ДТЕК функціонує модель прогнозування генерації з відновлюваних джерел енергії, яка використовує механізм безперервного перенавчання під час експлуатації. Вона застосовується на сонячних і вітрових електростанціях та забезпечує більш точне планування подачі електроенергії в енергосистему.

Прогнозні розрахунки обсягів генерації з ВДЕ необхідно заздалегідь, за кілька годин, передавати системному оператору – компанії «Укренерго». Диспетчери використовують ці дані для балансування та підтримання стабільності енергосистеми.

Окрім підвищення надійності роботи енергосистеми, такі рішення мають і суттєвий економічний ефект. Вони дають змогу зменшити витрати на небаланси, які виникають у разі значних відхилень між прогнозованими та фактичними обсягами виробництва електроенергії на підприємствах ДТЕК ВДЕ [2].

Інтеграція Smart Grid-технологій у електричні системи забезпечує високий рівень керованості та обміну інформацією, що має особливе значення за умов масового використання інверторних сонячних електростанцій. Це дозволяє своєчасно попереджати або усувати відхилення електричних параметрів у вузлових точках мережі шляхом регулювання режимів роботи генеруючих об’єктів. У цьому контексті перспективним є відхід від концепції сталого коефіцієнта потужності та фіксованої реактивної складової генерації, що відкриває можливість для динамічного регулювання режимів роботи електромережі відповідно до зміни навантаження протягом добового циклу [3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Luo Y., Shi L., Tu G. Optimal sizing and control strategy of isolated grid with wind power and energy storage system. *Energy Conversion and Management*. 2014. 80. 407-415. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2014.01.061

2. ДТЕК ВДЕ вдосконалює прогнозування генерації для посилення енергосистеми України. URL: https://renewables.dtek.com/media-center/press/dtek-renewables-improves-generation-forecasting-to-enhance-ukraines-energy-syst

3. Vovk O., Kvitka S., Halko S., Strebkov O. Energy-saving control of asynchronous electric motors of driving working machines. *Modern Development Paths of Agricultural Production: Trends and Innovations*. Cham: Springer International Publishing. 2019. 415-423. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_43

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ БАЛАНСУВАННЯ КОМІРОК ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ

Оксенич Р. В., аспірант, e-mail: okrus785@proton.me
Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження зумовлена стрімким поширенням електрохімічних накопичувачів в системах резервного й автономного живлення та відновлювальній енергетиці. У процесі експлуатації таких систем між окремими комірками виникає нерівномірність параметрів, зокрема напруги, ємності та ступеня заряду, що негативно впливає на ефективність, довговічність і безпеку роботи накопичувача енергії. У зв'язку з цим дослідження методів балансування комірок є важливим для підвищення надійності та енергоефективності електрохімічних накопичувачів енергії.

Мета досліджень полягає в аналізі способів балансування комірок електрохімічних накопичувачів енергії, порівнянні їхніх функціональних особливостей, переваг і недоліків, а також у визначенні підходів, що найбільш ефективно забезпечують вирівнювання заряду, підвищення енергоефективності, продовження ресурсу та безпечність роботи акумуляторних систем.

Матеріали досліджень. Розглянуто основні способи балансування комірок електрохімічних накопичувачів енергії, що застосовуються для вирівнювання напруги, ступеня заряду та енергетичного стану окремих елементів нако. У межах дослідження проаналізовано причини виникнення дисбалансу між комірками, який формується за рахунок відмінностей внутрішнього опору, початкової ємності, режимів заряджання-розряджання та умов експлуатації. Встановлено, що такий дисбаланс призводить до зниження корисної ємності батареї, прискорення старіння комірок та зменшення загального ресурсу накопичувача. Окрему увагу приділено двом основним групам методів балансування: пасивним і активним. Активні методи балансування ґрунтуються на перерозподілі енергії між комірками за допомогою електронних схем із використанням конденсаторів, індуктивних елементів, трансформаторів або DC-DC перетворювачів. Їх перевагами є вища енергоефективність, менший час балансування та повніше використання ємності акумуляторної батареї. Водночас такі методи потребують складнішої системи керування та більших витрат на реалізацію Пасивні методи балансування ґрунтуються на використанні резистивних елементів для зменшення надлишкової енергії в більш заряджених комірках акумуляторного блока. Такий підхід характеризується відносною простотою схемної реалізації, високою надійністю та меншою кількістю компонентів, водночас його застосування супроводжується втратами енергії у вигляді тепла, що знижує загальну ефективність балансування [1].

Висновок. Як підсумок балансування комірок є важливою складовою керування накопичувачами енергії, тому вибір методу балансування має здійснюватися з урахуванням конструктивних особливостей системи, режимів її роботи та вимог до ефективності, надійності й економічної доцільності. Активні методи доцільно застосовувати в системах, для яких визначальними є висока енергоефективність і швидкодія, зокрема в UPS, ESS та електро транспорті, тоді як пасивні методи є прийнятними для простіших і малопотужних акумуляторних систем.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A critical review of battery cell balancing techniques, optimal design, converter topologies, and performance evaluation for optimizing storage system in electric vehicles. Energy Reports. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2024.04.041

УДК 621.316

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ 0,38 КВ З ОБ'ЄКТАМИ МІКРОГЕНЕРАЦІЇ

Опалєнік А. В., студент, e-mail: vstypbdm.b@gmail.com
Науковий керівник – магістр, ст. викл. Попадченко С. А.
Державний біотехнологічний університет

З урахуванням розвитку мікрогенерації актуальною задачею є дослідження особливостей функціонування об'єктів мікрогенерації на базі відновлюваних джерел енергії для оцінки впливу даних об'єктів на показники якості електричної енергії, зокрема несимметрію напруги. Одним із найбільш затребуваних генеруючих джерел для об'єктів мікрогенерації є фотоелектричні перетворювачі (ФЕП) в силу простоти їх встановлення та обслуговування, відсутності шуму та вібрацій, компактності та можливості інтеграції. Метою роботи є визначення особливостей функціонування об'єктів мікрогенерації в складі низьковольтних розподільних електричних мереж, а також визначенням впливу однофазно підключених об'єктів мікрогенерації на коефіцієнти несиметрії при різному рівні впровадження генеруючих установок і рівні несиметрії навантажень фаз. Несиметричність трифазної симетричної системи напруги, відповідно до ДСТУ EN 50160:2023, обумовлена несиметричними навантаженнями споживачів електричної енергії або елементами електричної мережі. Підключення до однієї фази об'єкта мікрогенерації може привести до збільшення несиметрії напруги внаслідок можливого підвищення напруги на одній фазі при одночасному зниженні напруги із-за падіння напруги на інших фазах. Збільшення несиметрії напруги та пов'язані з цим негативні наслідки вказують на необхідність дослідження даного питання та прийняття заходів для мінімізації наслідків несиметричних режимів.

Упровадження об'єктів мікрогенерації на базі ФЕП у розподільні електричні мережі низької напруги у разі перевищення виробництва електроенергії над споживанням у вузлі мережі призводить до виникнення зворотного потоку потужності, що впливає на несиметрію напруг через підвищення напруги у фазі мережі, до якої підключено об'єкт мікрогенерації. Виникаюча при цьому несиметрія, яка може перевищувати встановлені межі, та підвищена напруга призводять до збільшення втрат електроенергії, негативного впливу на електроприймачі та зниження рівня надійності електропостачання. Встановлено, що основними факторами, що характеризують це явище, є: значення коефіцієнтів несиметрії до впровадження об'єктів мікрогенерації; співвідношення між миттєвою потужністю навантаження споживача та потужністю об'єкта мікрогенерації; стабільність напруги у вузлах мережі, що, у свою чергу, залежить від електричної віддаленості об'єктів мікрогенерації від центру живлення, параметрів фідера та навантаження. В умовах можливого зростання числа об'єктів мікрогенерації встановлено, що найбільш ефективним рішенням проблеми несиметрії є перерозподіл потужності, що видається об'єктом мікрогенерації, між навантаженнями фаз шляхом перемикання з найменш навантаженої фази на найбільш навантажену. При однофазному підключенні об'єктів мікрогенерації без застосування спеціалізованих улаштувань симетрування спостерігається перевищення допустимих показників несиметрії напруг. Однак у вітчизняних дослідженнях відсутні рішення для підвищення якості електроенергії шляхом перерозподілу потужності, що видається об'єктом мікрогенерації, що свідчить про перспективність даного напряму досліджень у контексті підвищення показників якості електроенергії в розподільчих електричних мережах низької напруги з об'єктами мікрогенерації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Umoh V., Davidson I., Adebiyi A., Ekpe U. Methods and Tools for PV and EV Hosting Ca-pacity Determination in Low Voltage Distribution Net-works – A Review. *Energies*. 2023. Vol. 16. P. 3609. https:// doi.org/10.3390/en16083609

УДК 662.636

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ПАЛИВНИХ ПЕЛЕТ ІЗ ДЕРЕВИНИ

Папашев О. К., магістр, e-mail: Duman.alexsandr@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Думанський О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Технологічний процес виробництва паливних пелет з беревини є складною багатостадійною системою, ефективність якої визначається узгодженістю параметрів на всіх етапах — від підготовки сировини до пакування готової продукції. Аналіз структури процесу дозволяє встановити, що якість пелет формується не лише на стадії пресування, а є результатом комплексного впливу попередніх технологічних операцій [1, 2].

Виробничу лінію доцільно розглядати як сукупність п’яти взаємопов’язаних ділянок: підготовка сировини, сушіння, пресування, охолодження та пакування. Кожна з них має власні керовані параметри, які впливають як на локальну ефективність, так і на кінцеву якість продукції [1].

На першому етапі — підготовки сировини — здійснюється подрібнення деревини до стану тирси. Основним керованим параметром є розмір фракцій, який безпосередньо впливає на подальший процес сушіння. Менші фракції забезпечують більшу площу тепло- та масообміну, що знижує витрати теплової енергії при сушінні. Водночас зменшення розміру частинок потребує збільшення енерговитрат на подрібнення та підвищує навантаження на електропривод дробарки. Таким чином, виникає задача оптимізації, що полягає у знаходженні компромісу між продуктивністю, енергоефективністю та зносом обладнання.

Другий етап — сушіння — є критичним для забезпечення необхідних умов пресування. Оптимальна вологість сировини повинна знаходитись у межах 6–20 %, при цьому для більшості технологій ефективним є рівень близько 10–15 %. Динаміка сушіння визначається температурою та вологовмістом сушильного агента, швидкістю повітряного потоку та розміром частинок.

На третьому етапі — пресування — відбувається формування гранул діаметром 6–8 мм. Якість пелет визначається сукупністю параметрів: вологістю, температурою, фракційним складом сировини та тиском пресування. Важливу роль відіграє лігнін — природний полімер, що міститься у деревині та під дією температури і тиску виконує функцію зв’язуючої речовини. Саме цей фактор дозволяє отримувати пелети без додавання сторонніх зв’язуючих компонентів.

Четвертий етап — охолодження — забезпечує стабілізацію геометричних розмірів і механічної міцності пелет. У процесі охолодження відбувається затвердіння лігніну, що фіксує структуру гранул. Недостатнє або надмірне охолодження може призвести до крихкості або деформації пелет, що негативно впливає на їх транспортування та зберігання.

Завершальний етап — пакування — включає фасування пелет у мішки або бігбеги, а також можливе транспортування насипом. На цьому етапі важливими є показники механічної міцності та однорідності продукції, які визначаються ефективністю попередніх стадій.

Загалом аналіз показує, що технологічний процес виробництва деревних пелет є взаємозалежною системою, де параметри кожного етапу впливають на наступні операції. Оптимізація процесу вимагає багатопараметричного підходу та врахування змінних характеристик сировини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клименко В. В., Кравченко В. І., Боков В. М., Гуцул В. І. Технологічні основи виготовлення біопалива з рослинних відходів та їх композитів: монографія. Кропивницький: ПП «Ексклюзив-Систем», 2017. 162 с.

2. Курка Р. Р. Особливості технології формування паливних гранул з подрібненої деревини листяних порід. Львів: НЛТУ України, 2011. С. 132–136.

УДК 620.92:621.311.24:728.1

ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ОКРЕМИХ БУДІВЕЛЬ ТА МІСТЕЧОК ДЛЯ ВПО

Постернак О. С, студент магістратури, posternak.i@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Постернак І. М.
Одеська державна академія будівництва та архітектури

За останні роки в Україні було розпочато велику кількість проєктів, пов’язаних з будівництвом житла для переселенців. І якщо на початку збройної агресії вони будувалися переважно як прихисток на декілька місяців, то наразі можна стверджувати, що тривалість використання такого житла подовжується на невизначений термін, а відтак потрібно дбати вже не лише про прихисток, а й про ефективну експлуатацію такого житла [1].

У різних регіонах України вже було побудовано достатньо велику кількість житла для тимчасового перебування внутрішньопереміщених осіб. Можна виділити три основні підходи для вирішення проблем з розміщенням внутрішньо переміщених осіб (ВПО):

а) будівництво тимчасових містечок з будинків на базі морських контейнерів;

б) модернізація під потреби вже існуючих будівель, що не використовувалися з тих чи інших причин;

в) будівництво нових капітальних споруд для постійного проживання.

При цьому, для перших двох варіантів, з огляду на «тимчасовість», питанням ефективного енергозабезпечення приділялося достатньо мало уваги, що призвело в кінцевому підсумку до достатньо дорогих в експлуатації рішень, зокрема, таких як електричне опалення.

Отже, можна відзначити, що основний потенціал з використання відновлювальних джерел енергії для модульних містечок полягає у використанні гібридних сонячних електростанції.

Переваги застосування гібридних сонячних електростанції для компенсації частини власних потреб в енергії та забезпечення резервного живлення критичних потреб [1]:

- можливість покриття значної частки потреб в електроенергії в літній період, при цьому наявність акумуляторів дозволятиме використовувати накопичену сонячну енергію протягом доби;

- у зимовий період та за відсутності сонячної інсоляції такі станції можуть працювати в режимі джерела безперебійного живлення, заряджаючись від електромережі або від паливного генератора для покриття критичних потреб споживачів;

- простота застосування і можливість подальшого використання обладнання на інших об’єктах.

Що необхідно врахувати при застосуванні гібридних сонячних електростанції для компенсації частини власних потреб в енергії та забезпечення резервного живлення критичних потреб:

- з огляду на те, що практично єдиним керованим споживачем електроенергії в модульних містечках є система електронагріву гарячої води, важливо передбачити автоматику керування водонагрівачами, що дозволяла б максимально повно використати енергію сонця, мінімізувавши потребу в високовартісних акумуляторах;

- оптимальним місцем для розміщення є дахи будинків, але необхідно враховувати наявність затінення, що негативно впливатиме на ефективність станцій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Литвин В. Аналіз основних технічних рішень для окремих будівель та містечок для ВПО, зокрема щодо вибору оптимальних концепцій енергозабезпечення: порадник для органів місцевого самоврядування. Київ: Громадська мережа «Опора», 2023. 16 с. URL: https://rehouse.org.ua/sites/default/files/2024-01/poradnik_dlya_oms.pdf

УДК 621.311

ІНТЕГРАЦІЯ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПІДСТАНЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Прокопенко В. С., магістр, e-mail: prokopenko@ukr.net
Науковий керівник – доц. Савченко О. А.
Державний біотехнологічний університет

Концепція інтелектуальних електричних мереж (Smart Grid) передбачає широке застосування цифрових підстанцій, які спираються на сучасні цифрові рішення для вимірювання, збору та опрацювання даних про функціонування підстанції та мережі в цілому. Огляд наукової літератури свідчить про існування значної різноманітності підходів і рішень у сфері цифрових підстанцій.

Мета досліджень. Дослідження спрямоване на вивчення найбільш перспективних технологій цифрових підстанцій, а також міжнародної нормативно-правової бази, що регулює їх проектування.

Основні матеріали досліджень. Сучасні енергосистеми функціонують за принципом централізованого розподілу електроенергії, що передбачає застосування підвищеного рівня напруги та розгалужених великомасштабних мереж. Водночас такі системи мають суттєвий недолік: локальна несправність здатна дестабілізувати роботу всієї мережі й спричинити масштабні аварії.

Нові виклики та тенденції галузі зумовлюють необхідність розроблення та впровадження технологій, які б забезпечували: двосторонній рух електроенергії та інформаційних потоків між постачальниками й споживачами; безперервний моніторинг усіх складових мережі – від генерувальних об'єктів до окремих споживчих пристроїв; підключення розподілених та відновлюваних джерел енергії, а також систем її накопичення; ефективне використання теплової рекуперації.

Ключові чинники, що визначають необхідність глибокого реформування електроенергетики, можна систематизувати наступним чином.

До факторів технологічного прогресу належать: стрімкий розвиток нових технологій, матеріалів і пристроїв, насамперед у сфері інформаційних та комп'ютерних технологій; активне зростання кількості малих генерувальних установок, зокрема відновлюваних; загальна тенденція до підвищення рівня автоматизації виробничих процесів. Серед провідних технологій цифрових підстанцій виділяють: впровадження оптичних вимірювальних трансформаторів різних типів; оснащення силового обладнання цифровими давачами для контролю технічного стану, положення комутаційних апаратів, значень струмів і напруг; повсюдне використання цифрових інтерфейсів передачі даних. Центральним елементом управління в сучасних мережах є підстанція, для якої в рамках системи стандартів Smart Grid розроблено окремий стандарт – IEC 61850. Стандартизація дає змогу скоротити витрати, підвищити ефективність процесів та мінімізувати ризики.

Висновки. Під час проєктування та експлуатації комунікаційних систем в електроенергетиці доцільно застосовувати оптичні вимірювальні трансформатори, а в роботу електрообладнання – впроваджувати єдину інформаційну модель. Така модель має будуватися на основі стандартизованої методології, що забезпечує її універсальність для різноманітних енергетичних об'єктів. Впровадження інтелектуальних мереж і цифрових підстанцій відкриває широкі можливості для використання потенціалу сучасних інформаційних технологій в електроенергетиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стогній Б. С., Кириленко О. В., Денисюк С. П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення. *Технічна електродинаміка*. 2010. № 6. С. 44–50.

2. The European Technology Platform for Electricity Networks of the Future. URL: http://www.smartgrids.eu

УДК 621.311.243

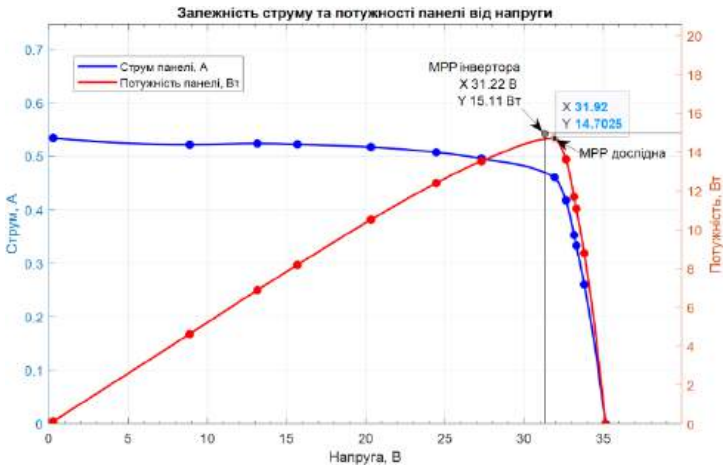
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ MPPT-КОНТРОЛЕРА ГІБРИДНОГО ІНВЕРТОРА ПРИ НИЗЬКИХ РІВНЯХ СОНЯЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Процун О. А., магістр, e-mail: gngker80e@mozmail.com
Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викл. Пазій В. Г.
Державний біотехнологічний університет

При низькій сонячній активності в похмуру погоду та в холодний період року потужність сонячних електростанцій (СЕС) критично знижується і може складати лише 10% від номінальної або навіть нижче, залежно від щільності хмарності [1]. Проте існують суперечливі дані щодо причин такого зниження та можливостей підвищення генерації. Зокрема, побутує думка, що головною причиною є не стільки низька інсоляція, скільки неправильне проектування СЕС. Стверджується, що при невідповідності напруги поля рекомендованій вхідній напрузі інвертора значно падає ККД перетворення, через що потужність може падати в кілька разів [2].

Мета роботи полягає у дослідженні характеристик сонячних панелей у похмуру погоду та параметрів MPPT-контролера інвертора для оцінки ефективності його роботи.

Для оцінки можливого невикористаного ресурсу панелей було проведено зняття їхніх характеристик при низькій освітленості з подальшим визначенням точки максимальної потужності та порівнянням із показниками інвертора. В експерименті використовувався масив з 9 панелей LONGI та інвертор Deye SUN 5k. Варто зазначити, що максимальна напруга поля була дещо нижчою за вказане в характеристиках інвертора оптимальне значення.



Характеристика панелі знімалася по точках шляхом навантаження її різними значеннями опору (від 0,5 Ом до 1 МОм) при незмінному рівні освітленості, що забезпечило режими від короткого замикання до неробочого ходу. Зафіксовано, що максимальна потужність однієї панелі за даних умов склала 14,7 Вт при напрузі 31,92 В та струмі 0,46 А. Оскільки інвертор показує виміри по всьому полю з 9 панелей, для коректного порівняння ці значення ділилися на 9.

Для підвищення точності та нівелювання можливих змін сонячної активності під час досліду було проведено серію з декількох вимірювань. За отриманими результатами побудовано графіки залежності струму та потужності панелі від напруги (рисунок).

Проведені дослідження показали, що MPPT-контролер інвертора дуже точно налаштовується на точку максимальної потужності навіть при параметрах поля, що відрізняються від оптимальних, але не виходять за допустимі межі діапазону згідно з технічною документацією. При цьому резерв невикористаної потужності панелей за рахунок «інноваційних» схемних рішень чи нових методик відсутній. Збільшення кількості панелей у стрінгу (підвищення напруги до номінального значення) збільшить генерацію виключно на значення, пропорційне кількості доданих панелей.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Study of Solar Panel Efficiency Under Different Weather Conditions. *International Journal of Research and Analytical Reviews (IJRAR)*. 2019. Vol. 6. URL: https://www.ijrar.org/papers/IJRAR19D6965.pdf.

2. URL: https://www.youtube.com/watch?v=qWLyE8zlBYY.

УДК 620.92:621.311

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА СЕС ТА УЗЕ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ Й АВТОНОМНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ В УМОВАХ ВІЙНИ

Рибалка І. А., магістр, e-mail: illia.artex.2533@gmail.com
Науковий керівник – д-р техн. наук, проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

Сучасний стан енергетичної системи України характеризується високим ступенем вразливості через постійні атаки на об'єкти критичної інфраструктури. Для промислових підприємств, де стабільність електропостачання є критичною умовою збереження безперервності технологічних циклів (наприклад, при виробництві виробів з полімерних матеріалів), дефіцит потужності призводить до значних економічних збитків та пошкодження обладнання.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку альтернативних рішень для забезпечення енергетичної автономності промислових об'єктів. Традиційне використання дизельних генераторів, хоча і є поширеним, має суттєві недоліки: високу собівартість електроенергії, залежність від поставок пального та значні викиди шкідливих речовин в атмосферу. Впровадження сонячних електростанцій (СЕС) у поєднанні з установками зберігання енергії (УЗЕ) дозволяє створити стійку мікромережу (Microgrid), здатну функціонувати в автономному режимі.

Технічне рішення передбачає інтеграцію фотоелектричних панелей з гібридними інверторними системами та літій-залізо-фосфатними (LiFePO4) акумуляторними батареями. Такий тип накопичувачів має високу термічну стабільність та тривалий життєвий цикл (понад 6000 циклів), що є оптимальним для промислового використання. УЗЕ виконує функцію «буфера», згладжуючи піки споживання (peak shaving) та забезпечуючи миттєвий перехід на резервне живлення при відключенні зовнішньої мережі.

Економічна доцільність проекту базується на аналізі LCOE (нормованої вартості енергії) та термінів окупності інвестицій. В умовах зростання тарифів на електроенергію для промислових споживачів [1], термін окупності СЕС без накопичувачів становить 3–4 роки. Додавання УЗЕ збільшує капітальні витрати (CAPEX), проте дозволяє уникнути збитків від простою виробництва, та уникнути репутаційних ризиків від невиконання замовлень. Порівняльний аналіз показує, що комбінована система СЕС+УЗЕ забезпечує зниження вартості електроенергії до 6,5-9 грн/1 кВт·год, що у 3 рази менше вартості електроенергії від централізованої мережі та майже у 4 рази менше у порівнянні із дизельним генератом (рис. 1) [2].

Джерело енергії	Вартість одиниці ресурсу	Вартість 1 кВт·год, грн	Переваги / Недоліки
Централізована мережа	21,00 грн/кВт·год	21,00	Ризик блекаутів, ліміти потужності
Дизельний генератор	90,00 грн/літр	≈27,00*	Висока вартість, шум, викиди CO2
СЕС + УЗЕ (власна)	-	6,50-9,00**	Автономність, високі CAPEX

Рисунок 1 – Порівняльна характеристика джерел енергопостачання

Крім того, автоматизація керування потоками енергії дозволяє оптимізувати власне споживання, направляючи надлишки генерації на зарядку АКБ або покриття енергоємних процесів у денний час.

Таким чином, будівництво СЕС та УЗЕ є першочерговим заходом забезпечення енергетичної безпеки та економічної стійкості промислових підприємств України в умовах війни.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Універсальна послуга для бізнесу: тарифи та умови постачання. ПрАТ «Харківенергозбут»: офіційний сайт. URL: https://zbutenergo.kharkov.ua/biznes/universalna-posluga (дата звернення: 02.04.2026).

2. Вартість пального на АЗК ОККО. Мережа АЗК «ОККО»: офіційний сайт. URL: https://www.okko.ua (дата звернення: 02.04.2026)

УДК 620.92:621.383

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Романюк О. В., магістр, e-mail: m.potapenko19@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Потапенко М. В.
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів
і природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»

Сучасні тенденції розвитку електроенергетичних систем пов'язані з масовим впровадженням нових технологій, таких як розподілена генерація на базі відновлюваних джерел енергії [1].

Фотоелектричне перетворення сонячного випромінювання є однією з найбільш перспективних технологій виробництва електричної енергії. У порівнянні з іншими технологіями відновлюваної енергетики її конкурентними перевагами є доступність, великий термін служби, можливість створення генеруючих установок на широкий діапазон потужностей з максимальним наближенням до об'єктів електроспоживання.

Основні незворотні втрати енергії у фотоелектричному перетворювачі (ФЕП) пов'язані з відбиттям сонячного випромінювання від поверхні перетворювача, проходженням частини випромінювання через ФЕП без поглинання у ньому, розсіюванням на теплових коливаннях решітки надлишкової енергії фотонів, рекомбінацією фотопар, що утворилися, на поверхнях і в об’ємі ФЕП, внутрішнім опором перетворювача тощо.

Комплекс вимог до ФЕП, які використовуються на сонячних електроустановках:

- висока надійність при тривалому (до 25–30 років) ресурсі роботи;
- висока доступність сировини та можливість організації масового виробництва;
- прийнятні, з точки зору термінів окупності, витрати за створення системи;
- мінімальні витрати енергії та маси, пов'язані з управлінням системою перетворення та передачі енергії;
- зручність технічного обслуговування.

Для підвищення ефективності фотоелектричного перетворення вдаються до таких методів, як, наприклад, створення багатоперехідних напівпровідників, тим самим збільшуючи ймовірність поглинання фотонів з більш широким діапазоном енергій (кожен p-n перехід поглинає енергію «своїх» фотонів), або використання фотолюмінесцентних покриттів [2]. Такі технології досить дорогі і використовуються лише там, де ефективність фотоелектричного перетворення – переважаючий чи головний фактор для заданих цілей.

У даний час для виробництва масових серійних фотоелектричних перетворювачів використовують три основні технології їх виготовлення. Ці технології застосовуються для отримання монокристалічних, полікристалічних та аморфних фотоелектричних елементів.

Таким чином, виходячи з якісних показників кожного виду фотоелектричних перетворювачів, можна зробити загальні рекомендації при виборі для конкретних умов використання. Якщо є обмеження за вагою або площею чи потрібна максимальна економічна ефективність, то для встановлення фотопанелей для загального побутового використання або генерації великих об'ємів електроенергії необхідно розглядати фотопанелі на основі монокристалів кремнію. Для допоміжних цілей електрогенерації при достатній площі можна використовувати фотопанелі на базі полікристалічного або аморфного кремнію, або з використанням тонкоплівкових покриттів інших з’єднань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тугай Ю. І., Козирський В. В., Гай О. В., Бодунов В. М. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів. *Технічна електродинаміка*. 2011. № 5. С. 63-67.

2. Gheluwe J.V., Versluys J., Poelman D. etc. Photoluminescence study of polycrystalline CdS/CdTe thin film solar cells. *Thin Solid Films*. 2005. V. 480. P. 264-268.

УДК 621.316:004.051

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ НАПРЯМІВ ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ РОЗПОДІЛУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Руденко Є. О., магістр, e-mail: geka76.03@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Трунова І. М.
Державний біотехнологічний університет

Важливою задачею є підвищення ефективності розподільних мереж електропостачання. Цієї меті сприяє ряд технічних заходів, наприклад, впровадження технологій «smart-grid». При цьому, в однієї з останніх публікацій Ради європейських регуляторів енергетики (CEER) [1] обрані шість ключових параметрів ефективності такої мережі (рис. 1).

Dimension 1 - Integration of renewable energy generation
Overgeneration/curtailment of renewable energy sources
Average connection time for new generation (per voltage level)
Grid hosting capacity for renewable energy sources (injection)
Dimension 2 - Integration of increased electrification of energy uses
Average connection time for new/increased loads (per voltage level)
Grid hosting capacity for offtake (withdrawal)
Dimension 3 - Continuity of supply and resilience to extreme events
Duration and frequency of long interruptions
Frequency of short interruptions
Risk-based indicator of the expected impact of extreme events
Dimension 4 - Other quality of supply objectives
Type and amount of voltage quality events
Average time to manage customers' requests for intervention
Availability of individual network assets
Dimension 5 – Energy efficiency
Distribution losses
Dimension 6 - Data made available to market participants
Online access to individual consumption and/or injection data
Availability of 15-minutes withdrawal-injection network user data (from the smart metering system to suppliers/aggregators)

Рисунок 1 – Параметри ефективності розподільних мереж [1]

Як бачимо, два з цих параметрів (3 та 4) стосуються якості електропостачання. Також важливим показником є енергоефективність (рівень втрат електроенергії в системі розподілу). В останньому звіті CEER [2] досліджуються втрати електроенергії в європейських електромережах до 2022 року включно. Загальні втрати у 2022 році при розподілі коливалися від 1,95 % (Кіпр) до 22,63 % (Косово). Наприклад, у Польщі вони складали 6,578 ГВт·год (4,07%). Україна надала до цього звіту інформацію щодо 10,675 ГВт·год втрат в розподільних мережах, не вказавши відсоток у зв'язку з вимогами воєнного часу щодо обмеження інформації. Однак, можна зробити висновок щодо значних втратах електроенергії в українських розподільних мережах навіть напередодні війни, що, ймовірно усугубилося в останні роки. Тож підвищення ефективності систем розподілу є дуже актуальним.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Electricity "Smart Grid" Performance Indicators. Ref: C25-DS-98-7.1. URL: https://www.ceer.eu/publication/ceer-paper-on-electricity-smart-grid-performance-indicators/ (дата звернення: 29.03.2026 р.).
2. 3rd CEER Report on Power Losses. Ref: C24-EQS-106-03. URL: https://www.ceer.eu/publication/3rd-ceer-report-on-power-losses/ (дата звернення: 29.03.2026 р.).

УДК 621.3:331.45

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ПІДСТАНЦІЇ 35/10 кВ ДЛЯ СТАБІЛІЗАЦІЇ НАПРУГИ ТА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ

Саєнко Є. М., бакалавр, e-mail: eugensaenko14@gmail.com
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Економіка сільського господарства змушена перейти до інтенсивного та мало витратного виробництва та самостійної переробки сільськогосподарської продукції, що є єдиним засобом у гідному конкуруванні на ринку збуту. Успіху досягає лише ті господарства, які впроваджують високотехнологічне обладнання.

Для ефективної роботи високотехнологічних процесів безперервність їхньої роботи, що може забезпечити надійне електропостачання та управління процесом. Впровадження нових технологій вимагає переходу раніше існуючих виробничих майданчиків з III категорії електропостачання у II, а часом і в I (наприклад, інкубація яєць). Також спостерігається бурхливе зростання споживання електричної енергії у побутовій сфері. Поява у продажу різного електроінструменту з аналізу збільшує зростання споживання електроенергії з 2,6 до 10 кВт на сім'ю. Як промислова, так і сучасна побутова апаратура вимагає високої якості напруги навіть при пікових навантаженнях і стихійних явищах. Однак, у спробах вижити, багато промислових підприємств взяли в оренду сільськогосподарські землі спільно з населеними пунктами, тим самим одержуючи продукцію безпосередньо, виключаючи перепродавців. Далі переконавшись у збитковості виробництва сільгосппродукції неспеціалістами, промислові та будівельні підприємства відмовилися від сільських господарств, скинувши населені пункти муніципальним утворенням.

Експлуатацією мереж приділялася дедалі менша увага, обладнання старіло, занепадало і в експлуатуючої організації ледь не вистачало коштів підтримувати його робочий стан. Також має місце самовільне розростання споживачів у зв'язку з індивідуальною забудовою, в результаті змінювалися навантаження, а з ними змінювалася і якість електроенергії.

Численні скарги на адресу енергопостачальної організації залишалися нерозділеними через відсутність можливості реконструювати мережі. Багаторазові аварійні відключення формували у людях потребу в якісній електроенергії. Ослаблення архітектурного нагляду та нагляду з боку енергопостачальної організації дало ґрунт для самовільного розширення земельних ділянок власниками індивідуальних будівель. Спостерігається порушення охоронної зони ПЛ. Створюється небезпека для населення (електронебезпека та пожежонебезпека), а також утруднюється можливість провести плановий або після аварійний ремонт через труднощі підходу ремонтної техніки до опор ПЛ.

Насадження під ПЛ сприяють с хлисту або обриву дротів при вітрових навантаженнях. Оскільки розпалися організації, які раніше побудували та експлуатували дані мережі (оптовий споживач) здійснювали розрахунок з енергомережами, а часом 110 кВ, то енергосистема змушені вести розрахунок за електор споживання з конкретним споживачем (зокрема побутовим).

Отже, всі втрати в неякісних мережах 0,4–10 кВ змушена нести енергосистема. Внаслідок чого енергопостачальній організації доцільно викупити непрямі мережі та скоротити витрати на транспорт електроенергії (втрати).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Савченко П. І. Проектування та експлуатація підстанцій. Львів: ЛП, 2020. 284 с.
2. Назаренко Т. Ю. Вплив побутового навантаження на роботу трансформаторних підстанцій. *Електротехніка та електромеханіка*. 2020. № 3. С. 102–108.

УДК 621.3:331.45

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ РАЙОНУ ЕНЕРГОСИСТЕМИ

Сахно О. І., бакалавр, e-mail: sahno05102017@ukr.net
Науковий керівник – доц. Середа А. І.
Державний біотехнологічний університет

Розвиток світової електроенергетики на етапі характеризується зростанням генеруючих потужностей, збільшенням щільності потоків потужності лініями електропередачі та ускладненням структури енергосистем. Наслідком цього є нові вимоги до пристроїв і систем, що забезпечують підвищення меж потужностей, що передаються, підвищення статичної та динамічної стійкості ЕЕС, демпфування хитання потужності, підтримання напруги і перерозподіл потоків потужності в електричних мережах.

Розвиток реконструкція та технічне переозброєння електричних мереж необхідно проводити з урахуванням цих вимог та базуватись на застосуванні нових електрон мережевих технологій та сучасного обладнання.

Вирішення цих завдань вимагає, у свою чергу, перегляду технічних вимог на основне обладнання підстанцій (вимикачі, роз'єднувачі, реактори, силові трансформатори та ін.) та ліній електропередач та забезпечення готовності виробництва до випуску нової техніки, освоєння нової техніки та технологій в умовах експлуатації як на об'єктах тех. переозброєння, так і нового будівництва.

Одним з ефективних способів вирішення проблем, що виникають при розвитку та реконструкції системо утворюючої мережі, є застосування гнучких ліній електропередачі, створюваних на базі перетворювальної техніки нового покоління, а також електрон машино вентильних систем (а синхронізованих машин) з використанням мікропроцесорних систем автоматичного керування та регулювання. До гнучких (керованих) систем передачі, відносяться не тільки електропередачі змінного струму з пристроями силової електроніки, але і вставки та лінії електропередач постійного струму.

Ефективність використання СОТ в схемах підстанцій визначається унікальними фізичними властивостями надпровідних матеріалів, які дозволяють створювати струмообмежувальні пристрої з нелінійною вольт-амперною характеристикою. Такі струмообмежувачі в нормальній роботі мережі мають низький опір, відповідно малі втрати як активної, так і реактивної потужності та низькі падіння напруги, а в режимах короткого замикання (КЗ) мають великий реактивний опір індуктивності, що забезпечує обмеження струму короткого замикання до необхідних значень.

Особливий інтерес у цьому випадку представляє створення силового трансформатора з надпровідною і звичайною обмотками для забезпечення теплоізоляції між звичайним електрообладнанням, що працює при нормальних температурах, і надпровідними пристроями, що забезпечує мінімальні надходження тепла і тим самим підвищує ефективність. надпровідна система

Розподільні електричні мережі напруги 35–110 кВ є важливим елементом електроенергетичних систем. Від правильності їх проектування залежить надійність електропостачання споживачів та якість електроенергії, що надходить до споживачів. Що свідчить про актуальність розвитку електричних мереж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж. Київ: Міненерговугілля України, 2018. 412 с.

2. Вишневський В. О. Компенсація реактивної потужності в електричних мережах. Харків: ФОП Панов, 2015. 214 с.

УДК 621.311.1:621.316

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 110 кВ

Сепик Л. Р., магістрант, e-mail: SepykLR@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Левонюк В. Р.
Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Ґжицького

Дослідження здійснювалися для аналізу надійності роботи повітряних ліній електропередачі напругою 110 кВ одного із районів електричних мереж Львівської області. Надійність є одним із ключових показників ефективності функціонування енергетичних систем, адже вона визначає стабільність передачі електроенергії та безперебійність роботи обладнання [1]. На рисунку представлено розрахунок інформаційної ентропії для ЛЕП 110 кВ.

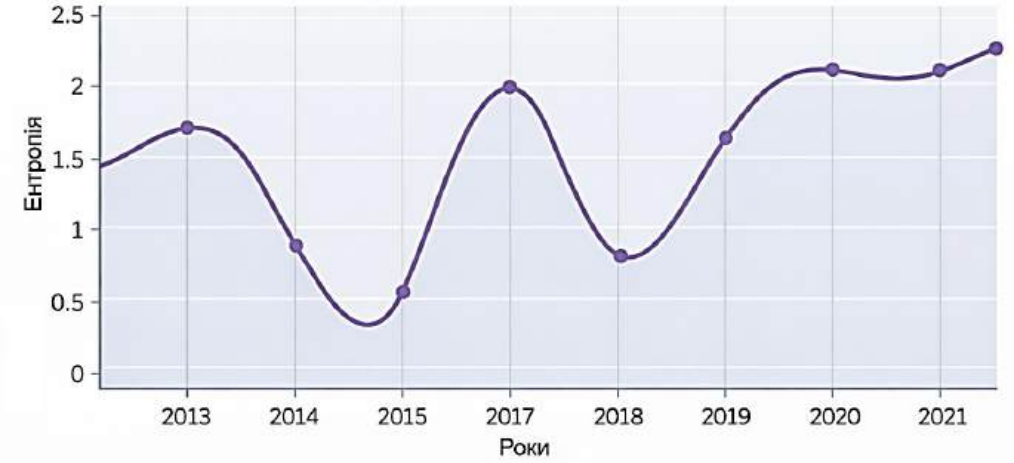


Рисунок 1 – Графік інформаційної ентропії ЛЕП 110 кВ

З рисунку видно, що ентропія ЛЕП 110 кВ зростає, що свідчить про старіння об’єкта та необхідність належної уваги з боку обслуговуючого персоналу. За даними диспетчерського персоналу, відомо, що досліджувана ЛЕП 110 кВ була введена в експлуатацію у 1977 році.

Аналіз аварійних відключень на ЛЕП 110 кВ з відпайками показує, що значна їх частка спричинена погодними факторами. Це свідчить про необхідність перегляду кліматичних карт при проектуванні нових ліній електропередач. Для існуючих ЛЕП доцільним є проведення заходів із конструктивного посилення, що дасть змогу знизити ризики аварійних ситуацій та підвищити загальну надійність роботи мережі.

Зношування елементів ЛЕП залишається актуальною проблемою, вирішення якої залежить від ресурсних можливостей щодо проведення капітальних ремонтів та заміни обладнання. Планування таких робіт має враховувати пріоритетність об’єктів із підвищеним рівнем ентропії, що вказує на їх старіння. Це дасть змогу оптимально розподілити ресурси та забезпечити стабільність енергопостачання.

Одним із ефективних рішень для зменшення аварійних відключень є використання полімерних захисних ковпаків для ізоляторів, які запобігають їх забрудненню та механічним пошкодженням. Додатково рекомендується застосування пасивних захисних конструкцій із композитних діелектричних матеріалів, а також встановлення металевих сіток на траверсах для перешкоджання гніздуванню птахів. Такі заходи значно продовжують термін служби обладнання та знижують ризик коротких замикань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бовсуновський А. П. Надійність енергетичного обладнання: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. 240 с.

УДК 621.316

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ

Смоляк Д. Г., магістр, e-mail: smoliak_d@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мірошник О. О.
Державний біотехнологічний університет

Підвищення надійності електропостачання споживачів неможливе без широкого впровадження автоматизованих систем керування в розподільних електричних мережах. Традиційна практика ручного вимкнення пошкоджених ділянок за допомогою роз'єднувачів не дозволяє суттєво скоротити тривалість перерв у постачанні електроенергії. Одним із найефективніших сучасних технічних рішень є вакуумні реклоузери, зокрема типу РВА/ТЕЛ-10-12.5/630, які призначені для автоматизації процесів захисту, секціонування та резервування мереж напругою 6–10 кВ [1].

Згідно з Правилами улаштування електроустановок (ПУЕ), електроприймачі залежно від вимог до надійності електропостачання поділяються на три категорії. Надійність системи електропостачання, як і будь-якої технічної системи, оцінюється частотою виникнення та тривалістю перерв у живленні в розрахункових точках мережі. Ці показники залежать від надійності окремих елементів схеми, рівня резервування, а також організації технічного обслуговування та ремонту.

Однією з ключових переваг сучасних вакуумних комутаційних апаратів є низьке енергоспоживання оперативних кіл та можливість реалізації багаторазового «швидкого» автоматичного повторного включення (АПВ). За кордоном такі пристрої отримали назву реклоузери. Для повітряних ліній (ПЛ) режим АПВ має критичне значення, оскільки значна частина пошкоджень (особливо однофазних замикань) має тимчасовий характер. Автоматичне повторне включення дозволяє швидко відновити живлення неушкоджених ділянок, секціонувати лінію та реалізувати мережне резервування [2].

Відсутність потужних оперативних джерел живлення або їх обмежена потужність створювала серйозні труднощі для традиційних комутаційних пристроїв. Широке застосування вакуумних вимикачів, які потребують значно меншої енергії для спрацювання, дозволило подолати ці обмеження і суттєво підвищити рівень надійності електропостачання в розподільних мережах..

Висновки. Застосування реклоузерів дає змогу повністю автоматизувати процес резервування та секціонування електромереж, мінімізуючи час відключень і не потребуючи частого технічного обслуговування завдяки високій механічній та комутаційній зносостійкості вакуумних дугогасних камер.

Найвища ефективність автоматичного резервування досягається в мережах з двостороннім живленням, що працюють у умовно-замкненому режимі. У таких схемах реклоузери забезпечують узгоджену роботу функцій АПВ та автоматичного введення резерву (АВР), дозволяючи швидко перемикати живлення в різних точках мережі відповідно до завдань системи автоматизації.

У повітряних лініях з одностороннім живленням доцільно поєднувати реклоузери з місцевим резервуванням на базі дизель-генераторних установок або систем накопичення енергії. Загалом, впровадження реклоузерів сприяє переходу розподільних мереж на принципи Smart Grid, зниженню показників SAIDI та SAIFI, зменшенню недовідпуску електроенергії та підвищенню загальної стійкості електропостачання споживачів..

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. Харків: Форт, 2009. 708 с.

2. Khasawneh A., Qawaqzeh M., Kuchanskyy V., Rubanenko O., Miroshnyk O., Shchur T., Drechny, M. Optimal Determination Method of the Transposition Steps of An Extra-High Voltage Power Transmission Line. *Energies*. 2021. Vol. 14(20). 6791. https://doi.org/10.3390/en14206791.

УДК 621.311

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ З УСТАНОВКАМИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ ЇХ ФУНКЦІОНУВАННЯ

Сотнік О. В., аспірант, e-mail: sidi.leha@gmail.com
Науковий керівник – проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

Підвищення ефективності роботи сонячних електростанцій (СЕС) є однією з ключових задач сучасної енергетики, що зумовлено зростанням частки відновлюваних джерел енергії у структурі електропостачання. Особливу актуальність ця проблема набуває в умовах інтеграції СЕС до локальних та розподілених енергосистем, де нестабільність генерації суттєво впливає на режими роботи мережі. У світі стрімке зростання частки сонячної генерації супроводжується підвищенням вимог до гнучкості та керованості енергосистем, що зумовлює активне впровадження установок зберігання енергії (УЗЕ) як ключового елемента балансування. В Україні актуальність даного напрямку значно посилюється в умовах пошкодження енергетичної інфраструктури та необхідності забезпечення надійного електропостачання за рахунок розвитку децентралізованих і автономних енергосистем [1, 2].

Основною особливістю СЕС є залежність генерації електроенергії (ЕЕ) від метеорологічних факторів, зокрема інтенсивності сонячної радіації, температури навколишнього середовища та сезонних змін. Це призводить до нерівномірності виробітку ЕЕ, що ускладнює балансування навантаження та знижує ефективність використання генеруючих потужностей.

Використання СЕС у поєднанні з УЗЕ розглядається як один із пріоритетних шляхів підвищення енергетичної безпеки та стійкості енергосистеми, оскільки дозволяє згладжувати графік навантаження, підвищувати надійність електропостачання та оптимізувати режими роботи енергосистеми. Ефективність функціонування СЕС з УЗЕ визначається узгодженістю режимів генерації, споживання та накопичення енергії. Для кількісної оцінки цього процесу доцільно використовувати енергетичний баланс системи.

Для формалізації зазначених процесів та аналізу режимів роботи СЕС із УЗЕ проводять побудову відповідної математичної моделі. Така модель дозволяє описати взаємозв'язок між основними елементами системи, врахувати обмеження та динаміку змін параметрів, а також створює основу для розробки методів оптимального управління енергетичними потоками.

Для кількісної оцінки процесу доцільно використовувати енергетичний баланс системи [3]:

$$P_{\text{СЕС}}(t) + P_{\text{УЗЕ роз}}(t) = P_{\text{нав}}(t) + P_{\text{УЗЕ зар}}(t) + P_{\text{мер}}(t), \quad (1)$$

де $P_{\text{СЕС}}(t)$ – потужність генерації СЕС;

$P_{\text{УЗЕ роз}}(t)$ – потужність розряду УЗЕ;

$P_{\text{нав}}(t)$ – навантаження;

$P_{\text{УЗЕзар}}(t)$ – потужність заряду УЗЕ;

$P_{\text{мер}}(t)$ – обмін з мережею.

Раціональне управління цими потоками енергії є основою підвищення ефективності системи.

Ключовим елементом є також модель стану заряду УЗЕ:

$$SOC(t+1) = SOC(t) + \frac{\eta_{\text{зар}} P_{\text{зар}}(t) - \frac{P_{\text{ак}}(t)}{\eta_{\text{УЗЕ}}}}{E_{\text{ак}}} \quad (2)$$

де SOC – рівень заряду;

$E_{\text{УЗЕ}}$ – ємність УЗЕ;

$\eta_{\text{зар}}, \eta_{\text{УЗЕ}}$ – коефіцієнти корисної дії при заряді УЗЕ.

Оптимізація режимів роботи СЕС з УЗЕ передбачає визначення таких стратегій керування потоками енергії, за яких забезпечується максимальна техніко-економічна ефективність системи. У загальному випадку цю задачу можна подати у вигляді цільової функції максимізації економічного ефекту:

$$\max J = \sum_{t=1}^{T} \left(C_{\text{прод.}}(t) \cdot P_{\text{мер. відд}}(t) - C_{\text{куп}}(t) \cdot P_{\text{мер. спож}}(t) \right), \quad (3)$$

де J – цільова функція, що характеризує сумарний економічний результат роботи системи за розрахунковий період;

t – дискретний момент часу;

T – тривалість розрахункового періоду;

$C_{\text{прод}}(t)$ – ціна (тариф) продажу ЕЕ в мережу, грн/кВт·год;

$P_{\text{мер. відд}}(t)$ – потужність, що віддається в мережу, кВт;

$C_{\text{куп}}(t)$ – ціна (тариф) купівлі ЕЕ з мережі, грн/кВт·год;

$P_{\text{мер.спож}}(t)$ – потужність, що споживається з мережі, кВт.

Сутність наведеної цільової функції полягає у максимізації різниці між доходом від відпуску ЕЕ в мережу та витратами на її споживання із мережі. Інакше кажучи, система керування повинна забезпечити такий режим роботи СЕС та УЗЕ, за якого надлишкова ЕЕ використовується найбільш раціонально: або накопичується в УЗЕ, або віддається в мережу у періоди найбільш вигідного тарифу, а споживання ЕЕ з мережі мінімізується.

У межах даної постановки задачі УЗЕ виконує функцію буфера між генерацією та навантаженням. У періоди надлишкової генерації СЕС частина ЕЕ може спрямовуватись на заряд УЗЕ, а у періоди недостатньої генерації накопичена ЕЕ використовується для покриття локального навантаження або зменшення обсягу споживання з мережі. Це дозволяє не лише підвищити економічну ефективність системи, але й зменшити нерівномірність графіка навантаження.

Для практичної реалізації задачі оптимізації цільова функція повинна розглядатися разом із системою обмежень. До таких обмежень належать:

- баланс потужності між генерацією, навантаженням, зарядом і розрядом УЗЕ;
- допустимі межі рівня заряду акумуляторів УЗЕ;
- обмеження на максимальну потужність заряду та розряду;
- обмеження на обсяг відбору або видачі потужності в мережу;
- технічні характеристики обладнання СЕС та УЗЕ.

З урахуванням цих обмежень задача оптимізації набуває вигляду задачі пошуку таких керуючих впливів, за яких забезпечується найкращий економічний результат при дотриманні технічних вимог до роботи системи.

Підвищення ефективності роботи СЕС із УЗЕ є комплексною задачею, що потребує поєднання технічних, економічних та алгоритмічних рішень. Основним напрямом її вирішення є розробка математичних моделей та методів оптимального управління енергетичними потоками, які дозволяють забезпечити стабільну, надійну та економічно ефективну роботу системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Інститут відновлюваної енергетики НАН України. Відновлювана енергетика в Україні: стан та перспективи розвитку. Київ: ІВЕ НАН України, 2023. 120 с. URL: https://ive.org.ua/ (дата звернення: 30.03.2026).

2. International Energy Agency. World Energy Outlook 2024. Paris: IEA, 2024. URL: https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024 (дата звернення: 30.03.2026).

3. Adeyinka A. M., Esan O. C., Ijaola A. O. et al. Advancements in hybrid energy storage systems for enhancing renewable energy-to-grid integration. Sustainable Energy Research, 2024. DOI: https://doi.org/10.1186/s40807-024-00120-4 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 621.316

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТИМУЛЮЮЧОГО РЕГУЛЮВАННЯ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Станішевський Г. Г., магістр, e-mail: gstanishevskiy@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Трунова І. М.
Державний біотехнологічний університет

Як відомо, починаючи з 2021 року в Україні запроваджене RAB-регулювання, коли стимулювання досягнення кращих показників якості електропостачання, зокрема, надійності (за показником SAIDI), здійснюється внаслідок коригування необхідного доходу ОСР за результатами виконання завдання щодо досягнення запланованих цільових показників. На сьогодні оприлюднений Звіт Регулятора поки ще за 2024 рік [1], яким можна скористатися з метою аналізу отриманих результатів, де показана, наприклад, діаграма зміни показників надійності електропостачання за вини ОСР з 2021 року по 2024 рік (рис. 1).

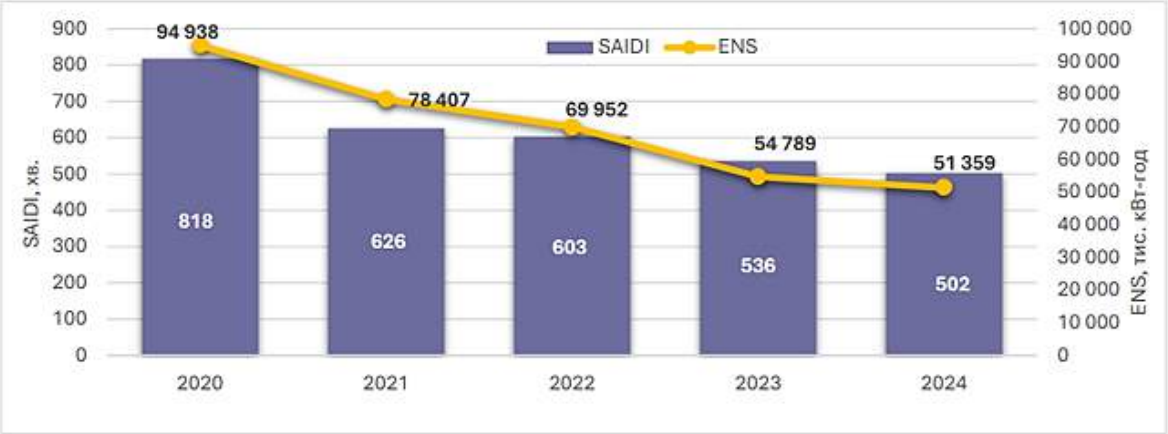


Рисунок 1 – Зміна показників SAIDI та ENS [1]

Незважаючи на те, що внаслідок форс-мажорних обставин значення SAIDI значно збільшилося, однак, за вини ОСР цей показник має стійку тенденцію до зменшення. При цьому, у звіті відмічається, що «показник SAIDI внаслідок запланованих перерв з попередженням споживачів зріс на 8,7%. Такі зміни показників SAIDI обумовлені, насамперед, можливістю виконання інвестиційних програм» [1], обґрунтування яких є елементом стимулюючого регулювання. Однак, динаміка зміни кількості скарг споживачів щодо якості електроенергії у 2020-2024 роках протилежна. Найбільше таких звернень у 2024 році «надійшло до АТ «ДТЕК Дніпровські електромережі» (29 059 звернень), АТ «ДТЕК Київські регіональні електромережі» (13 033 звернень), АТ «ДТЕК Одеські електромережі» (7 676 звернень)» [1]. Ця тенденція також відображена у сумах компенсацій за недотримання гарантованих стандартів якості електропостачання згідно затвердженого НКРЕКП Порядку [2]. При цьому, компенсація не надавалася у випадках форс-мажорних обставин та застосування графіків відключень. Отже, можна зробити висновок, що якість електричної енергії за вини ОСР погіршилася.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Звіт НКРЕКП з якості надання послуг ліцензіатами у сферах електропостачання і централізованого водопостачання та водовідведення за 2024 рік. URL: https://www.nerc.gov.ua/storage/app/sites/1/Docs/Monitoryng/Zvit_yakist_posluh/Zvit_yakist_posluh_2024.pdf (дата звернення: 2.04.2026 р.).
2. Постанова НКРЕКП № 375 від 12.06.2018. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0375874-18#Text (дата звернення: 2.04.2026 р.).

УДК 621.316

ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ В УКРАЇНІ

Старусьов В. С., магістр, e-mail: starusev@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мірошник О. О.
Державний біотехнологічний університет

Актуальність теми зумовлена необхідністю прискореного розвитку розосередженої генерації та широкого впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в умовах відновлення та модернізації енергетичного сектору України.

Сьогодні провідні країни світу формують нову парадигму розвитку енергетики, спрямовану на забезпечення безпечного, надійного, економічно доцільного та екологічно прийнятного енергопостачання. Ця ідеологія базується на глибокій цифровізації та інтелектуалізації енергетичних об'єктів, активному розвитку розосередженої генерації (переважно на рівні розподільних мереж середньої та низької напруги), впровадженні передових енергоефективних технологій у генерації, акумулюванні, передачі та розподілі енергії, а також на формуванні сучасної тарифної та регуляторної політики [1].

Основною перевагою відновлюваних джерел енергії є їх невичерпність і мінімальний вплив на навколишнє середовище. На відміну від традиційних палив, ВДЕ не призводять до виснаження ресурсів планети та суттєво зменшують викиди парникових газів.

Незважаючи на те, що сучасні технології ВДЕ ще не досягли ідеальної досконалості та відрізняються за рівнем економічної ефективності, вони демонструють ключові конкурентні переваги: практично нульові викиди забруднюючих речовин і відновлюваний характер ресурсів. Багато технологій вже сьогодні є економічно конкурентоспроможними, а в перспективі їх ефективність продовжуватиме зростати на тлі подорожчання та ускладнення видобутку традиційних енергоносіїв [2].

Повномасштабна війна виявила вразливість централізованої енергосистеми до цілеспрямованих атак, що актуалізувало перехід до децентралізованої моделі генерації. Розосереджена генерація на основі сонячних, вітрових електростанцій, систем накопичення енергії та малої маневрової генерації стає не лише інструментом енергетичної безпеки, а й важливим елементом стійкості критичної інфраструктури.

За даними 2025 року, Україна демонструє значне зростання сектору ВДЕ навіть в умовах війни: встановлено понад 1,5 ГВт нових сонячних потужностей, активно розвиваються проєкти вітрових парків (зокрема, Tyligulska WPP потужністю 500 МВт). Національний план дій з відновлюваної енергетики до 2030 року передбачає збільшення сонячної генерації до 12,2 ГВт, вітрової до 6,2 ГВт та суттєве розширення систем зберігання енергії. Це відповідає цілям Національного енергетичного та кліматичного плану (NECP), згідно з яким частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні має сягнути 27 % до 2030 року, а також вимогам євроінтеграції та синхронізації з ENTSO-E.

Виробництво електроенергії з відновлюваних джерел набуває стратегічного значення для будь-якої країни, яка прагне зменшити енергетичну залежність від імпорту органічного та ядерного палива, підвищити стійкість енергосистеми та забезпечити екологічну безпеку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qawaqzeh M.Z., Miroshnyk O., Shchur T., Kasner R., Idzikowski A., Kruszelnicka W., Tomporowski A., Bałdowska-Witos P., Flizikowski J., Zawada M., et al. Research of Emergency Modes of Wind Power Plants Using Computer Simulation. *Energies.* 2021. 14(16). 4780. https://doi.org/10.3390/en14164780.

2. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies.* 2023. 16(6). 2638. https://doi.org/10.3390/en16062638.

УДК 621.311.1.398

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ І КОМЕРЦІЙНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Тесленко І. С., магістр, e-mail: teslenko@ukr.net
Науковий керівник – доц. Савченко О. А.
Державний біотехнологічний університет

Підвищення економічності електропостачання сільського господарства України є масштабним та багатоаспектним завданням. Важливу роль у його вирішенні відіграють заходи зі скорочення втрат електричної енергії в сільських електричних мережах напругою 0,38–10 кВ. Аналіз наукових джерел свідчить, що такі підходи як збільшення перерізу проводів ліній електропередавання та заміна недовантажених трансформаторів на споживчих підстанціях, попри значний ефект зниження втрат, вимагають суттєвих капітальних витрат і тому не завжди є реалізованими в умовах обмеженого фінансування. За таких обставин пріоритетного значення набувають маловитратні заходи, зокрема покращення показників якості електричної енергії, які безпосередньо впливають на рівень втрат.

Мета досліджень. Метою роботи є скорочення втрат електричної енергії в сільських електричних мережах напругою 0,38–10 кВ шляхом підвищення показників якості електроенергії.

Основні матеріали досліджень. Характерною рисою режимів роботи сільських електричних мереж напругою 0,4 кВ є нерівномірний розподіл навантаження між фазами та присутність вищих гармонік, що спричиняє зростання втрат потужності й енергії. Для зниження цих втрат запропоновано запровадити регулярний контроль несиметрії та вирівнювання навантаження, а також встановити пристрої фільтрації гармонічних складових.

Оцінка якості напруги показала, що понад 60 відсотків електроенергії, яку споживають сільські електроприймачі, не відповідає вимогам чинного стандарту. В жодній із обстежених точок мережі 0,4 кВ напруга не відповідала нормованим значенням. Математичне очікування відхилень напруги становить близько 16 відсотків, середньоквадратичне відхилення знаходиться в межах 1,8–6 відсотків, а діапазон зміни напруги сягає 15–28 відсотків від номінального значення.

У виробничій та побутовій сферах сільськогосподарських районів дедалі ширшого застосування набувають електроприймачі з нелінійними характеристиками: тиристорні перетворювачі, електрозварювальне обладнання, газорозрядні лампи, феромагнітні стабілізатори тощо. Вони споживають із мережі несинусоїдальний, а іноді й неперіодичний струм, що призводить до нелінійних спотворень кривої напруги. Це негативно позначається на роботі систем релейного захисту, автоматики, радіоелектронного та силового обладнання. Аналіз гармонійного складу показує, що в спектрі вищих гармонік переважає третя гармоніка, помітний також вплив п'ятої, сьомої, дев'ятої та одинадцятої гармонік, тоді як парні гармоніки є на порядок меншими за сусідні непарні.

Висновки. За сучасних умов для скорочення втрат електричної енергії в сільських мережах напругою 0,38–10 кВ доцільно застосовувати заходи, що базуються на підвищенні показників якості електроенергії. Такі заходи забезпечують суттєве зниження втрат при мінімальних капітальних вкладеннях, що обумовлює їх високу економічну ефективність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання: СОУ-Н ЕЕ 40. 1-37471933-54:2011. Офіц. вид. Київ: ГРІФРЕ; Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2011. 56 с.

2. Втрати електроенергії в розподільних електричних мережах. URL: http://ua-referat.com/Втрати_електроенергії_в_розподільних_електричних_мереежах

УДК 621.316

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ДАХОВИХ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

Тоберт М. Ю., аспірант, e-mail: tobert.mikhail@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Мороз О. М.
Державний біотехнологічний університет

В умовах постійних відключень споживачів від енергосистеми та ризиків її пошкодження під час війни питання енергетичної безпеки промислових об'єктів стає пріоритетом національного значення, а зростання вартості електроенергії посилює актуальність впровадження альтернативних джерел енергії. Впровадження дахових сонячних електростанцій (СЕС) дозволяє підприємствам забезпечити часткову або повну автономність критичних виробничих процесів, зменшуючи ризики економічних втрат, пов’язаних із вимушеними простоями. Техніко-економічний аналіз таких рішень є інструментом стратегічного планування, що формує підґрунтя для підвищення стійкості підприємств. Використання дахів підприємства для встановлення СЕС як джерела енергії підвищує надійність електропостачання та сприяє зниженню вартості електроенергії.

Мета дослідження – оцінити технічну та економічну доцільність впровадження дахових СЕС на промислових об'єктах з урахуванням профілю навантаження, конструктивних особливостей будівель та ключових фінансових показників.

Основні матеріали дослідження. Технічна реалізація дахових СЕС вимагає обов'язкової оцінки несучої здатності покрівель, оскільки інтеграція фотомодулів створює статичні та вітрові навантаження, що часто потребують локального підсилення вузлів конструкцій. Для автоматизації розрахунків корисної площі та кутів нахилу дахів у межах міста доцільно використовувати GIS-технології разом із моделями глибокого навчання. Зокрема, архітектура U2-Net може бути адаптована для задач сегментації дахових поверхонь на супутникових знімках [1]. Економічна доцільність проєктів визначається на основі порівняльного аналізу показника LCOE та термінів окупності.

Методика техніко-економічного аналізу (ТЕА) базується на алгоритмі оптимізації потужності СЕС відповідно до реального графіка навантаження підприємства, наприклад, через NLR REopt. Оцінка інвестиційної привабливості здійснюється за показниками чистої приведеної вартості (NPV), внутрішньої норми прибутковості (IRR) та дисконтованого терміну окупності (DPBP). В умовах України ключовим фактором є адаптація до механізму Net Billing згідно із Законом № 3220-IX, що створює умови для розвитку моделей самоспоживання без відпуску електроенергії в мережу, без необхідності отримання «зеленого» тарифу [2]. Врахування сезонних коливань інсоляції та використання накопичувачів енергії дозволяє суттєво підвищити рівень енергетичної автономності підприємства.

Висновки. Впровадження дахових СЕС є ефективним інструментом мінімізації операційних витрат підприємства. Попередній ТЕА підтверджує, що сучасні регуляторні умови в Україні стимулюють розвиток систем самоспоживання. Використання інтелектуальних методів оцінки площ та фінансового моделювання стає основою для стратегічного планування енергонезалежності бізнесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qin, X. et al. U2-Net: Going deeper with nested U-structure for salient object detection. *Pattern Recognition*. 2020. Vol. 106. URL: https://surl.li/mdylnn
2. Про внесення змін до деяких законів України щодо відновлення та «зеленої» трансформації енергетичної системи України: Закон України від 30.06.2023 № 3220-IX. *Відомості Верховної Ради України*. URL: https://surl.li/gbolle

УДК 621.31

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ Й ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖ SMART GRID

Тоберт О. Ю., аспірант, e-mail: tobert.sasha@gmail.com
Мірошник О. О., д.т.н., проф., e-mail: omiroshnyk@ukr.net
Державний біотехнологічний університет

Перехід до децентралізованих енергосистем і масове впровадження відновлюваних джерел енергії, зокрема фотоелектричних систем та вітрогенераторів, докорінно змінюють парадигму управління електромережами. Інтелектуальні енергомережі Smart Grid забезпечують двосторонній обмін енергією та даними, проте стикаються з критичними викликами щодо стабільності через стохастичну природу погодних умов та нелінійну динаміку споживання. Вирішення цих проблем вимагає комплексного застосування математичних методів, моделей та сучасних інформаційних технологій.

Основні матеріали досліджень. Одним із ключових інструментів підвищення стабільності є математичне моделювання, яке дозволяє формалізувати процеси, що відбуваються в мережі, та здійснювати їх аналіз. Зокрема, методи оптимізації відіграють важливу роль у вирішенні задач розподілу навантаження, мінімізації втрат та балансування генерації і споживання. Основою стабільності інтелектуальної мережі є забезпечення точного балансу між генерацією потужності та її споживанням у реальному часі. Новітні гібридні підходи до моделювання інтегрують методи лінійного програмування, стохастичне моделювання та системи диференціальних рівнянь, які дозволяють алгоритмічно оптимізувати розподіл потужності між сонячними панелями, системами накопичення енергії та споживачами [1]. Застосування стохастичних моделей прогнозування знижує обмеження енергії на 12 % та підвищує загальну стабільність системи на 18% у порівнянні з класичними детермінованими алгоритмами.

Масиви даних з розумних лічильників і сенсорів вимагають розгортання потужних обчислювальних платформ. Сучасні дослідження доводять перевагу використання кластерних фреймворків, таких як Apache Spark, для потокової обробки даних електромережі, що дозволяє здійснювати прогнозування з мінімальною затримкою [2].

Застосування ансамблевих методів машинного навчання (XGBoost, Voting, Stacking) у поєднанні з глибокими нейронними мережами демонструє безпрецедентну точність. Бенчмаркінг алгоритмів на різноманітних наборах даних про характеристики електромережі підтверджує, що метод опорних векторів демонструє надзвичайно низьку середньоквадратичну похибку при моделюванні нелінійної динаміки.

Підвищення стабільності Smart Grid є складною багатофакторною задачею, яка потребує комплексного підходу. Інтеграція математичних методів і сучасних інформаційних технологій дозволяє ефективно вирішувати проблеми, пов’язані з невизначеністю та децентралізацією генерації. Використання оптимізаційних алгоритмів, методів прогнозування та інтелектуальних систем керування сприяє підвищенню надійності, ефективності та гнучкості енергосистем.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qawaqzeh M.Z., Miroshnyk O., Shchur T., Kasner R., Idzikowski A., Kruszelnicka W., Tomporowski A., Bałdowska-Witos P., Flizikowski J., Zawada M., et al. Research of Emergency Modes of Wind Power Plants Using Computer Simulation. *Energies*. 2021. 14(16). 4780. https://doi.org/10.3390/en14164780.

2. Miroshnyk O., Moroz O., Shchur T., Chepizhnyi A., Qawaqzeh M., Kocira S. Investigation of Smart Grid Operation Modes with Electrical Energy Storage System. *Energies*. 2023. 16(6). 2638. https://doi.org/10.3390/en16062638.

УДК 621.548:620.91

ЕФЕКТИВНІСТЬ СУЧАСНИХ ВІТРОВИХ УСТАНОВОК ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗМІЦНЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ УКРАЇНИ

Чорноштан А. В., студент, e-mail: eee24-a.chornoshtan@nubip.edu.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Павленко В. М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Систематичні ракетні удари по об'єктах критичної інфраструктури скоротили генеруючі потужності України щонайменше на 10 ГВт, що поставило питання прискореного розвитку розподіленої відновлюваної генерації [1]. Вітрова енергетика є стратегічним резервом для відновлення енергосистеми: технічно досяжний потенціал вітрогенерації України оцінюється у 319 ГВт — один з найвищих у Європі — а лише 0,4 % цього потенціалу достатньо для покриття всіх поточних потреб країни в електроенергії [1]. Метою роботи є аналіз ефективності сучасних вітрових установок та обґрунтування їхньої ролі у зміцненні енергонезалежності України в умовах сучасної енергетичної кризи.

Сучасний стан вітроенергетики. Загальна встановлена потужність вітрових електростанцій (ВЕС) України станом на кінець 2025 року становить близько 2,3 ГВт, проте 1,32 ГВт розташовані на тимчасово окупованих територіях [2]. У 2025 році ринок вітроенергетики відновив активну фазу розвитку: введено 324,4 МВт нових потужностей — більше, ніж за перші три роки повномасштабної війни разом (248 МВт) [2]. На 2026 рік прогнозується введення ще 500 МВт, а до будівництва підготовлено 4 ГВт проєктів [3]. Глобальний тренд також підтверджує потенціал технології: середня потужність нової вітрової турбіни у 2024 році досягла 5,5 МВт (наземні) та 9,8 МВт (морські), що на 9 % більше порівняно з 2023 роком [3].

Ефективність сучасних вітрових установок. Сучасні вітрові турбіни працюють з коефіцієнтом використання встановленої потужності (КУВП) 35–45 % на суходолі та до 55 % — в офшорних умовах, що суттєво перевищує показники попередніх поколінь. Теоретична максимальна ефективність вітрової турбіни обмежена межею Бетца (59,3 %), тоді як реальний ККД промислових установок складає 40–48 % [3]. Реконструкція (repowering) діючих вітропарків шляхом заміни застарілих турбін на сучасні підвищує питоме вироблення електроенергії при скороченні кількості турбін на 25 % [3]. Оптимізація розподілу енергії в мікромережах з інтеграцією ВЕС та накопичувачів енергії дозволяє підвищити якість і надійність електропостачання споживачів [1].

Роль вітрогенерації в енергонезалежності. Відповідно до Національного плану дій з відновлюваної енергетики до 2030 року, Україна має досягти 6,1 ГВт встановленої потужності ВЕС та 27 % частки ВДЕ у валовому кінцевому споживанні [3]. «Укренерго» формує модель майбутньої енергосистеми на основі ВДЕ і ставить за мету вп'ятеро збільшити потужність вітрогенерації протягом трьох років. Децентралізований характер розміщення ВЕС виключає єдину точку відказу — на відміну від великих теплових станцій — і значно ускладнює прицільне ураження об'єктів [2]. Вітрогенерація здатна забезпечити до 20 % загальних потреб України в електроенергії вже в найближчі 10–15 років, що дозволить скоротити імпорт енергоносіїв та підвищити енергетичний суверенітет [1].

Вітрова генерація є одним із ключових інструментів відновлення та зміцнення енергосистеми України: технологія демонструє зростаючу ефективність, рекордні темпи нових введень і стратегічні переваги децентралізованого розміщення. Реалізація Національного плану з відновлюваної енергетики та прискорений розвиток вітроенергетики є необхідними умовами досягнення енергонезалежності України в умовах воєнного часу та євроінтеграції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Іванченко А. М., Павленко В. М. Оптимізація розподілу енергії в мікромережах з інтеграцією ВДЕ. *Енергоефективний університет: матеріали XIV Міжнар. наук.-практ. конф.*, 23 жовт. 2025, Київ / ред. І. В. Панасюк ; КУТД. Київ, 2025. С. 29.

2. Interfax-Ukraine. Щорічний огляд УВЕА: 2025-й став роком відновлення вітроенергетики. URL: https://interfax.com.ua/news/economic/1148024.html (дата звернення: 02.04.2026).

3. Windstory. Analyzing global wind power figures in 2024. URL: https://windletteren.substack.com/p/global-wind-data-2025 (дата звернення: 02.04.2026).

УДК 621.3.045:658.589

РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК НЕРОБОЧОГО ХОДУ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Шевченко П. С., бакалавр, e-mail: shevcenten@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Трунова І. М.
Державний біотехнологічний університет

Відновлення обмоток силового трансформатора особливо актуальне після ракетних обстрілів енергетичної інфраструктури України. При цьому, для якісного ремонту силового трансформатора з заміною обмоток слід перед тим прорахувати певні технічні характеристики, зокрема, втрати неробочого ходу та струм неробочого ходу за відомими математичними моделями, наприклад, що досліджувалася у [1], де також згадувалося про необхідність розробки блок-схеми алгоритму розрахунків. Була розроблена блок-схема алгоритму розрахунку характеристик неробочого ходу силового трансформатора, як початок загальної блок-схеми розрахунку технічних характеристик силового трансформатора до його ремонту з заміною обмоток (рис. 1) для порівняння з вимогами стандарту [2]. Схема може бути корисною для комп'ютеризованих інженерних розрахунків.

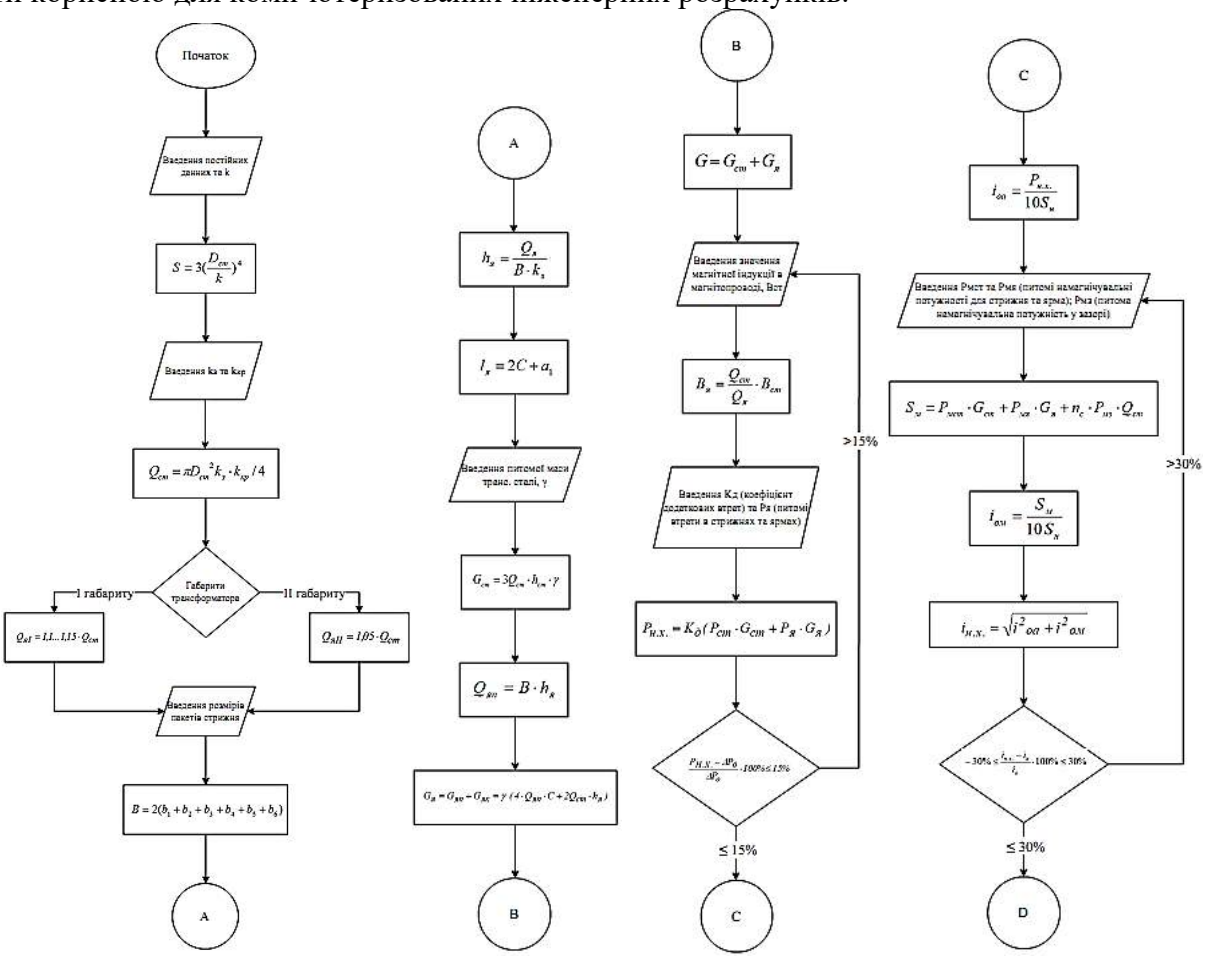


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму розрахунку характеристик неробочого ходу силового трансформатора

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Четверіков Ю. А., Трунова І. М. Дослідження математичної моделі оптимізації технічних характеристик трансформаторів напруги. *Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XX Міжнародного форуму молоді*. 2024. URL: https://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi (дата звернення: 25.03.2026 р.).

2. Трансформатори силові. Типова інструкція з експлуатації: СОУ 40.1-21677681-07:2009. [Чинний з 25.06.2009 р.]. Київ, 2009. 111 с.

УДК 621.316

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ Й ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Ярова Д., студентка, e-mail: nata_borovik777@ukr.net
Науковий керівник – викл. Медвідь Г.
ДНЗ «Лісоводський ПАЛ»

У сучасній енергетиці енергозбереження та диверсифікація енергетичного балансу через використання відновлюваної енергії (сонце, вітер, біопаливо) є критично важливими для забезпечення економічного зростання та надійності систем енергопостачання. В Україні стан впровадження енергоефективних заходів залишається недостатнім, що потребує нових підходів до аналізу та популяризації відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Мета роботи – дослідити можливості математичного моделювання процесів енергозбереження та обґрунтувати економічну доцільність впровадження ВДЕ через механізми стимулювання.

Основні результати дослідження:

1. Аналіз систем енергопостачання: Сфера енергосервісних послуг (ЕСКО) розглядається як невід'ємна складова, що має забезпечувати якість та надійність споживання енергії в умовах ринкових відносин та реструктуризації галузі.

2. Математичне моделювання та ВДЕ: Використання математичного апарату є ключовим інструментом для обґрунтування управлінських рішень. У роботі змодельовано ефективність використання сонячних електростанцій для приватних домогосподарств:

- Установлено, що використання сонячних батарей може зменшити споживання з мережі на 45%, що суттєво знижує фінансові витрати споживача.
- Проаналізовано механізм «Зеленого тарифу», який дозволяє державі викуповувати надлишок виробленої енергії за ціною, що в 4–5 разів перевищує звичайні тарифи, забезпечуючи окупність обладнання за 4–7 років.

3. Оптимізація енергоспоживання: Доведено ефективність заміни традиційних ламп розжарювання на енергозберігаючі. Розрахунки показують, що одна така лампа економить до 14,41 кг вугілля на рік, що позитивно впливає на паливно-енергетичний баланс країни.

4. Освітній аспект: Обґрунтовано доцільність інтеграції практичних завдань з енергозбереження в освітній процес через STEM-освіту, що сприяє формуванню у здобувачів освіти актуального наукового словника та навичок кількісного аналізу.

Висновки. Впровадження інноваційних рішень у галузі електропостачання, зокрема через стимулювання використання ВДЕ та застосування математичних методів оцінки їх ефективності, є необхідною умовою для подолання енергетичних криз та забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору України.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бакалін Ю. І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: навч. посібник. Харків: Бурун і К, 2006. 320 с.

2. Мачулін В., Литовченко В., Стріха М. Сонячна енергетика: порядок денний для світу й України // Вісник НАН України. 2011. № 5. С. 30-39.

СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА

УДК 621.313:621.9

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА З ЧАСТОТНИМ КЕРУВАННЯМ

Азацький О. В., студент, e-mail: azack_o@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Міленін Д. М.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах розвитку електромеханічних систем та автоматизації виробничих процесів особливої актуальності набуває підвищення ефективності роботи металообробного обладнання. Фрезерні верстати широко застосовуються у машинобудуванні та інших галузях промисловості для обробки складних деталей, що вимагає забезпечення високої точності, надійності та стабільності технологічного процесу. Вирішення цих задач значною мірою залежить від правильного вибору електромеханічної складової обладнання, зокрема системи електроприводу.

Актуальність теми полягає у необхідності підвищення енергоефективності та якості функціонування електромеханічних систем за рахунок впровадження сучасних засобів керування електроприводами. З огляду на те, що електроприводи є основними споживачами електроенергії у промисловості, оптимізація їх параметрів і режимів роботи дозволяє суттєво знизити енергоспоживання та підвищити ресурс обладнання. Особливого значення набуває використання частотно-регульованих електроприводів та методів векторного керування, які забезпечують високоточне регулювання швидкості та моменту електродвигуна.

Метою роботи є аналіз конструктивних особливостей і режимів роботи фрезерного верстата, вибір раціонального електрообладнання та розробка системи автоматизованого електроприводу, що забезпечує ефективне та надійне функціонування технологічного процесу. Для досягнення поставленої мети виконано аналіз типів фрезерних верстатів, досліджено принципи побудови електроприводів, обґрунтовано вибір асинхронного двигуна та перетворювача частоти, а також розроблено структурну схему системи керування.

Підхід, що відповідає сучасним тенденціям розвитку електромеханіки, робототехніки та автоматизованих систем керування, зокрема використано математичне моделювання в середовищі MATLAB Simulink для дослідження динамічних режимів роботи електроприводу. Отримані результати підтверджують доцільність застосування обраних технічних рішень.

Обґрунтовано вибір електрообладнання фрезерного верстата та розроблено систему електроприводу на базі асинхронного двигуна з частотним регулюванням. Виконано розрахунок параметрів силової частини, сформовано структурну схему системи керування та реалізовано математичну модель електроприводу в середовищі MATLAB Simulink. Проведене моделювання дозволило оцінити динамічні режими роботи, характеристики пуску та стійкість системи.

Застосування векторного керування забезпечує незалежне регулювання швидкості та електромагнітного моменту, що підвищує точність обробки та зменшує динамічні навантаження на механічні вузли. Прийняті технічні рішення сприяють зниженню енергоспоживання, підвищенню надійності роботи обладнання та ефективності технологічного процесу в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ключев В. І. Теорія електропривода: підручник. Київ: Вища школа, 2003. 512 с.
2. Болдін А. В., Коваленко В. В. Електропривод і автоматизація: навч. посібник. Київ: Каравела, 2015. 320 с.

УДК 621.327

ОСНОВНІ КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Айвазян А. А., бакалавр, e-mail: ayvazyanarsen03@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Система водопостачання (СВ) – це фізичний об'єкт, властивості якого характеризуються однією або кількома фізичними величинами, в тому числі, й такими, що мають електричну сутність. Вона має багато особливостей та знаходиться в складних зв'язках з іншими об'єктами та системами.

З технічної точки зору СВ являє собою сукупність виробничих об'єктів (водозаборів, насосних станцій, тощо) пов'язаних єдністю режимів водопостачання та автоматичного керування. Система водопостачання здійснює єдиний в часі та територіально розподілений процес видобування, очищення та подачі води. Вона є системою, що складається з ряду взаємопов'язаних підсистем, що містять велику кількість динамічних та статичних об'єктів. Тобто, СВ є складною технічною динамічною системою, яка має чітко впорядковану ієрархічну структуру, що розвивається в часі, і має розгалужену мережу взаємозв'язків між виробничими процесами та споживанням електричної енергії.

Досягнути виконання завдань по надійному та безперебійному перекачуванню води з мінімальними затратами можна лише за умови комплексного підходу до задачі керування та оптимізації режиму електроспоживання на всіх рівнях системи.

При цьому слід враховувати особливості структурної схеми СВ: вимоги до підтримання певних показників на різних рівнях системи; характер витрат електроенергії на кожен процес з виявленням визначальних факторів; завдання по економії електричної енергії на певний період і напрямки по його реалізації.

Отже, виникає задача вибору оптимального режиму електроспоживання системи водопостачання за декількома критеріями, набір яких може бути сформовано як для всієї системи, так і для кожного рівня.

Для формулювання вихідних умов задачі оптимізації необхідно виділити ряд критеріїв, оптимуму яких необхідно досягти, але слід зауважити, що оптимальність одного з них не забезпечує оптимальності іншого.

Перший, це технічний критерій, досягається шляхом мінімізації витрат електричної енергії за рахунок удосконалення організації технологічного процесу.

Другий, це економічний критерій, досягається шляхом використання диференційованих по зонах доби тарифних систем оплати електричної енергії.

Третій, це критерій надійності, досягається шляхом мінімізації факторів ризику збоїв у водопостачанні, за рахунок використання енергоефективного та високоякісного обладнання.

Кожен з вищезгаданих критеріїв має свій коефіцієнт важливості для певного ієрархічного рівня системи водопостачання.

Вибір критеріїв слід здійснювати на основі аналізу функціонування системи та її структурних елементів, спираючись на поняття результативності та корисності. Результативність системи водопостачання ототожнюється з її ефективністю, яка визначається часткою витрат на електричну енергію в собівартості продукції. Корисність системи слідує з її основного призначення та мети функціонування – надійного забезпечення споживачів водою необхідної якості.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

УДК 621.3.003

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОМПРЕСОРА ХОЛОДИЛЬНОЇ КАМЕРИ

Баляниця Д. Р., магістр, e-mail: dbalianytsia@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.
Державний біотехнологічний університет

Аналіз існуючого стану рибництва в Україні показує, що ресурсний потенціал розвитку рибного господарства становить близько1,5 млн га внутрішніх водойм, зокрема: понад 900 тис. га різного типу водосховищ, близько 400 тис. га лиманів і озер, 70 тис. га ставків рибних господарств та ін. [1].

За останні десятиріччя у вітчизняному рибному господарстві спостерігається глибока криза, відставання від світових темпів динамічного розвитку, що веде до зменшення рівня споживання населенням України, що сприяє заповненню частини рибного ринку імпортною продукцією. До важливих чинників, які обумовлюють кризові явища у галузі відноситься недостатня кількість сучасних холодильних установок, що значно продовжує тривалість зберігання продукції при реалізації в торговій мережі.

Одним із можливих напрямків підвищення ефективності роботи холодильних агрегатів для охолодження і тривалого зберігання виловленої риби, особливо у весняно-літній період, є застосування частотно-регульованого електроприводу насосу для перекачування охолоджувальної рідини в холодильній камері в залежності від температури навколишнього середовища та рівня заповнення об’єму камери [2]. Розповсюджена система автоматичного регулювання температури в холодильній камері наведена на рис. 1, яка складається з трьох послідовно з’єднаних аперіодичних ланок, причому, кожна із *i*-тої ланки має свої коефіцієнт передачі K_i та сталу часу T_i [3].

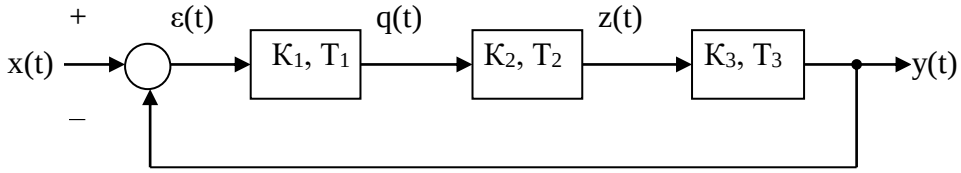


Рисунок 1 – Функціональна схема замкнутої системи автоматичного регулювання

Так, для першої аперіодичної ланки є вхідний сигнал похибки *ε(t)*, для другої ланки – вихідний сигнал *q (t)* першої ланки, а для третьої – вихідний сигнал *z(t)* другої ланки.

Таким чином, диференційні рівняння для опису кожної ланки мають наступний вигляд:

$$T_1 \cdot \; = K_2 \cdot \varepsilon(t); \;\; T_2 \cdot \; + z(t) = K_2 \cdot q(t); \;\; T_3 \cdot \; y(t) = K_3 \, z(t).$$

Отже, $x(t) \neg y(t) = \varepsilon(t)$. Далі, доповнивши одержані рівняння умовою замикання зворотного зв’язку, одержимо систему диференційних рівнянь, що описують динамічні процеси в аналізованій замкнутій системі (рис. 1).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тваринництво України: стан, проблеми,шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / за ред. акад. НААН М. І. Бащенка. Київ: Аграрна наука, 2017. 160 с.

2. Моделювання регульованого електроприводу: підручник / І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський, Л. С. Червінський, Д. А. Абдураманов, А. В. Торопов, О. В. Санченко. Київ: ЦП «Компринт», 2015. 509 с.

3. Щербак Я. В., Івакіна К. Я. Основи теорії автоматичного регулювання електромеханотронних систем. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 222 с.

УДК 621.312.67

ЕЛЕКТРОПРИВІД СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН: СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВА ВИКОРИСТАННЯ

Бєлашенко А. С., бакалавр, e-mail: tashlicovich_vova@gmail.com
Слюсарев А. О., бакалавр, e-mail: 7slusarev67_a@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.
Державний біотехнологічний університет

Відомо, що для здійснення більшості технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві широко застосовуються електрифіковані машини та механізми, робочі органи яких приводяться у рух за допомогою електроприводу [1].

Як показує аналіз, що сучасний стан електропривода сільськогосподарських машин визначають елементи, які складають його структуру, техніко-експлуатаційні показники, наукові дослідження, досягнення в електротехнічній та машинобудівній промисловості.

Виробництво електродвигунів, редукторів, мотор-редукторів, пристроїв керування та захисту головним чином передбачає загальнопромислове призначення. При цьому різні відомства електротехнічної та машинобудівної промисловості, оптимізуючи свою продукцію, проводять субоптимізацію електропривода в цілому.

Отримані результати свідчать, що на основі проведених досліджень можна встановити, що більшість електроприводів тихохідних сільськогосподарських машин мають коефіцієнт навантаження 0,3–0,6, використовуються вони протягом року менше 600 годин.

При зменшенні навантаження на 50 % від номінального і річному завантаженні 500 годин порівняно з тим, на яке розраховуються елементи електропривода – 1500 годин приведені витрати збільшуються на 40–60 %. Втрати потужності в механічних передачах від загальних витрат в електроприводі при вказаному навантаженні складають 5–30 % [2]. Залежно від режиму роботи на експлуатацію механічних передач припадає 50–80 % від загальної суми витрат.

За потужністю в технологічних процесах аграрно-промислового комплексу (АПК) електричні двигуни розподіляються таким чином:

електричні двигуни (асинхронні) до 0,6кВт – 10 %;
електричні двигуни (асинхронні) від 0,6 до 1,1 кВт – 15 %;
електричні двигуни (асинхронні) від 1,1 до 5,5 кВт – 30 %;
електричні двигуни (асинхронні) від 7 до 13 кВт – 10 %;
електричні двигуни (асинхронні) від 13 кВт і вище – 5 %;

У результаті проведених розрахунків встановлено, що економічний ефект від впровадження безредукторного електропривода сільськогосподарських машин на основі електродвигуна спеціального призначення одержують за рахунок зменшення приведених витрат, пов’язаних з виробництвом і експлуатацією, на 22–32 %.

Наші довготривалі дослідження, які проводились в сучасних лабораторіях спрямовані на комплексне вирішення організаційно-економічних, технологічних, технічних питань щодо розробки електродвигунів спеціального призначення, є передумовою ефективного використання електропривода виробничих сільськогосподарських машин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клепиков В. Б. Динаміка електромеханічних систем з нелінійним тертям: монографія. Харків: Вид-во «Підручник НТУ ХПІ», 2014. 408 с.

2. Корчемний М. О., Федорейко В. С., Щербань В. П. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 90 с.

УДК 631.369

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИГОТУВАННЯ КОРМОВИХ СУМІШЕЙ

Безуглий Є. В., бакалавр, e-mail: bezpolezvles@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Дотримання заданої рецептури кормів є основною вимогою до приготування сумішок. Проте коливання фізичних властивостей вихідних компонентів спричиняють коливання продуктивності дозаторів, а відповідно і відхилення від заданої структури кормосумішей.

Кормові компоненти, що характеризуються достатньою сипучістю, зберігають об'ємну щільність, добре заповнюють робочі простори дозуючих пристроїв, не викликають ускладнень при розвантаженні, не злипаються і не утворюють склепінь. Причому, чим вищі сипучість та рівномірність фракційного складу кормових часток, тим вища і стабільніша продуктивність дозатора.

Ефективність приготування кормових сумішей оцінюється за такими показниками: точність і рівномірність дозування компонентів; рівномірність перерозподілу компонентів в суміші (рівномірність змішування); питома енергомісткість процесу.

Рівень зазначених критеріїв оцінки ефективності залежить від багатьох факторів. Ці фактори умовно можна розділити на три групи: фізико-механічні властивості вихідних компонентів (вологість, липкість, в'язкість, розмір часток, густина); технологічні (співвідношення компонентів, їх об'ємна маса та розмір часток, умови завантаження, тривалість змішування тощо); конструктивно-кінематичні (тип і кількість робочих органів, схема їх розміщення, швидкість обертання та деякі інші).

Слід відмітити, що процес змішування протікає швидше і стійкіше у випадку перемішування однорідних матеріалів. І навпаки, при змішуванні матеріалів з частинками різних розмірів і неоднакових за щільністю процес протікає повільніше і менш стабільно. Усе це вказує на те, що зі зменшенням середнього розміру частинок якість змішування покращується, тобто для одержання рівномірнішої суміші необхідне відповідне подрібнення компонентів.

На якість змішування впливає також цілий ряд інших факторів. Чим ближчі у змішуваних компонентів фізико-механічні характеристики, тим ефективніше протікає процес їх змішування. Значна різниця у розмірах і щільності сприяє розділенню частинок. При змішуванні сухих компонентів з вологими та підтриманні відносної вологості до 14-15%, сприяє підвищенню рівномірності суміші. Подальше збільшення вологості вимагає збільшення часу змішування.

Характеристика впливу кількості z та швидкості w робочих органів, тривалості змішування t на рівномірність p, приведена на рисунку 1 і має екстремальний характер. Після досягнення можливого для даних умов максимального значення показника рівномірності, подальше збільшення швидкості робочих органів та часу перемішування веде до поступового розділення, наприклад, із-за різниці їх щільності, а надмірна кількість робочих органів може підсилити осьове зміщення корму.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

2. Машини та обладнання для тваринництва: підручник / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. С. Хмельовський, В. І. Ребенко, О. О. Заболотько, С. Є. Потапова, О. М. Ачкевич, В. В. Радчук. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 567 с.

УДК 615.831

ОПРОМІНЮВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ РОЗСАДИ З ПРЕЦЕСІЙНИМ РУХОМ ОПРОМІНЮВАЧА

Бережний Є. І., бакалавр, e-mail: Bierighnoy@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Для інтенсивного вирощування рослин в теплицях доцільно використовувати рухомі опромінювальні установки, які дозволяють заощаджувати електроенергію та прискорювати фізіологічні процеси. З'ясовано, що опромінювальні установки з обертальним та обертально-коливним рухом опромінювачів найбільш ефективні для високорослих рослин (огірки і томати на шпалерах), а також для вирощування розсади картоплі, оскільки для них необхідний боковий напрямок потоку опромінювання. Для вирощування розсади та низькорослих рослин перевага надається вертикально направленому потоку випромінювання, тому доцільно використовувати опромінювальні пристрої змінного опромінювання із зміщеним центром ваги та прецесійним рухом випромінювача.

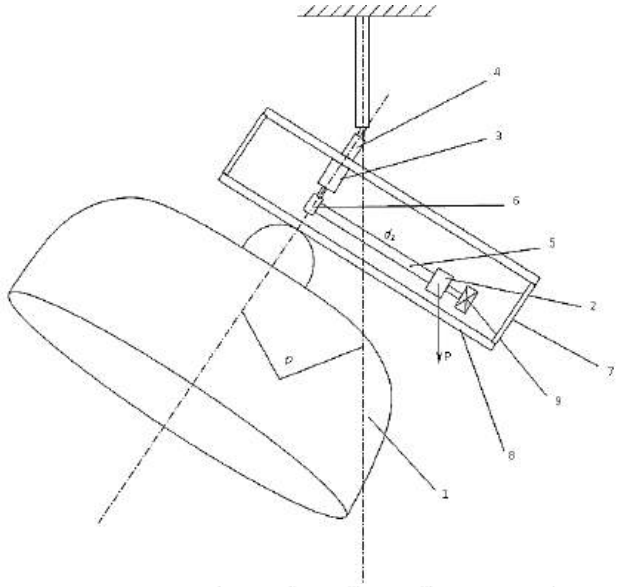


Рисунок 1 - Опромінювальний пристрій з прецесійним рухом опромінювача: 1 - опромінювач; 2 - вантаж; 3 - електродвигун; 4 - шарнірне з'єднання; 5 - направляюча штанга; 6 - перехідна муфта; 7 - шарикопідшипник; 8 - дюралюмінієві круги; 9 - шпильки.

Вони кріпляться до перекриття теплиці, а їх потік випромінювання напрямлений згори до низу. Зовнішній вигляд такого опромінювального пристрою показано на рисунку 1. Пристрій складається з опромінювача 1 та вантажу 2, який обертається навколо вертикальної осі за допомогою електродвигуна 3. Опромінювач включає джерело випромінювання та широко кутовий відбивач з анодноокисдним покриттям. В якості джерела випромінювання доцільно використовувати газорозрядні лампи типу ДРИ-1000-2, ДРИ-2000-2М, ДНаТ-400. Установка через шарнірне з'єднання 4 за допомогою кронштейна кріпиться до перекриття теплиці. Вона посилає світловий потік в напрямку, близькому до вертикального, що не викликає фототропічного нахилу рослин.

Вантаж зміщує центр ваги установки і нахиляє опромінювач на кут α від вертикалі. Кут нахилу задається як вагою вантажу, так і довжиною плеча, яке можна змінювати переміщенням вантажу вздовж штанги 5. Вантаж обертається по колу за допомогою електроприводу 3, на валу якого закріплена перехідна муфта 6. На кінці направляючої штанги розміщено шарикопідшипник 7 з гумовим покриттям, яке забезпечує плавність кочення вантажу по дюралюмінієвих кругах 8. Круги з'єднані між собою шпильками 9, що робить конструкцію жорсткою. Рух вантажу по колу спричиняє прецесійний рух опромінювача, що забезпечує змінний характер опромінення та збільшує площу опромінювальної поверхні.

Конструкція запропонованої опромінювальної установки не вимагає великих матеріальних затрат на її монтаж і може бути швидко перенесена з однієї ділянки на іншу. Застосування такого типу опромінювальних установок дозволяє знизити енергозатрати на вирощування розсади та низькорослих овочів на закритому ґрунті

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Червінський Л. С. Оптичні технології в тваринництві. Київ: Наукова думка, 2003. 230с.
2. Електричне освітлення та опромінення / Р. В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко. Харків: ТОВ «Планета-прінт», 2016. 332 с.

УДК 621.314

ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Бублій А. М., магістр, e-mail: andrejbublij@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Асинхронні електродвигуни, які призначені для роботи в режимах, що регулюється по швидкості, мають ряд особливостей, які треба враховувати при застосуванні їх в тих чи інших електроприводах. Застосування загальнопромислових асинхронних електродвигунів, в режимах, де відбувається регулювання швидкості обертання, обмежується роботою самовентиляції (вентилятор охолодження встановлений на валу двигуна). На низьких обертах зменшується продуктивність вентилятора, що спричиняє перегрів двигуна. На підвищених обертах, різко (у квадратичній залежності) зростає навантаження на вал електродвигуна від вентилятора.

Температурний захист на основі термодатчиків є найбільш дієвим та досконалим видом теплового захисту електродвигунів. Терморезистори контролюють рівень нагрівання безпосередньо джерела виділення тепла: обмотки статора, підшипники, активне залізо. Якщо температура перевищить допустиме значення, захист спрацює і відключить електродвигун від мережі або включить додаткове охолодження. Для захисту обмотки статора від перегріву використовуються термодатчики, які встановлюються в лобових частинах, по одному, іноді два на фазу і з'єднуються між собою послідовно.

Застосування незалежної вентиляції на асинхронному двигуні з частотним регулюванням дозволяє усунути обмеження мінімальної та максимальної швидкості, в плані нагрівання двигуна у всьому діапазоні швидкостей. Електропривод вентилятора вбудовують у кожух двигуна, напруга живлення однофазна 220 В або трифазна 380 В, може бути виведена як на корпус, так і в клемну коробку.

Електромагнітного гальма встановлюють на частотно-регульований асинхронний електродвигун для безпечної роботи підйомно-транспортних механізмів та утримання навантаження при відключеному живленні.

При живленні електродвигуна від частотного перетворювача слід акцентувати увагу на струми, які протікають у ланцюзі «вал ротора – фундаментна плита» через підшипники. Під час роботи виникає точкова ерозія на кульках чи роликах, на бігових кільцях підшипників кочення, а також на бабітовій поверхні підшипників ковзання. Від електролізу мастило втрачає свої змащувальні властивості і підшипники гріються. Для розриву контуру проходження паразитних струмів, на вал ротора встановлюються ізольовані підшипники з керамічними кульками.

На електродвигунах, призначених для роботи в системах точного регулювання та позиціонування і вимагають реального контролю швидкості валу, великої глибини регулювання, а також у системах, що потребують управління моментом обертання механізму положення, встановлюються енкодери. Вони призначені для перетворення кута повороту валу, що обертається, в електричні сигнали і дозволяють визначити кутове переміщення.

Спеціалізовані асинхронні двигуни, конструкція яких адаптована для роботи разом із перетворювачами частоти, на відміну від загальнопромислових, розраховані на тривалу роботу з постійною зміною швидкості та крутного моменту без ризику перегріву чи пошкодження ізоляції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навчальний посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. Харків: Точка, 2017. 206 с.

УДК 628.941

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОСВІТЛЕННЯ РОСЛИН У ТЕПЛИЦІ

Валко В. В., студент, e-mail: valkovova71@gmail.com
Науковий керівник – викл. Шевякова О. В., e-mail: skidanenko.elena80@gmail.com
Берестинський аграрно-технічний фаховий коледж

Останні роки у сфері загального освітлення активно розвиваються світлодіодні технології. Все частіше в тепличних комплексах стали застосовуватися світлодіодні світильники, як один з найбільш ефективних та економічних видів освітлення. Переваги світлодіодного освітлення теплиць підтверджено численними закордонними дослідженнями. Впровадження світлодіодного освітлення дозволило досягти вражаючих результатів у Японії, США, країнах Європи. У розвинених країн особливо актуально впровадження подібних інновацій у зв'язку з проведеною там державною політикою енергозбереження.

Відмінність світлодіодних світильників від звичайних, з погляду їх ефективного застосування у теплицях, полягає в унікальному спектрі світла, створеному з урахуванням здібності рослин розрізняти кольори. Освітлення в теплицях грає особливо важливу роль, тому що рослини здатні сприймати промені різного кольору. Для повноцінного вирощування здорових рослин потрібно суворо створювати певний склад випромінювання:

- червоний спектр 620-750 нм (50 %) – активізує пігменти, що відповідають за розвиток кореневої системи та дозрівання плодів;
- зелений спектр 495-620 нм (20 %) – впливає на фотосинтез у нижній частині рослини, куди інші промені практично не проникають;
- синій спектр 450-495 нм (30 %) – відповідає за збільшення зеленої маси рослин.

Але на думку ряду фахівців, світлодіоди ще не досягли рівня ефективності натрієвих ламп і поки що не є їх ефективним замінником у теплицях. Однак, якщо їх використовувати у поєднанні з наявним верхнім натрієвим освітленням, як додаткове бічне «доосвітлення», можна підвищити врожайність до 15 %. Оскільки верхнє світло не досягає нижнього листя рослин, процес фотосинтезу сповільнюється. Однак за рахунок ефективної доставки світла до нижнього листя рослин, за допомогою бічного доосвітлення, врожайність підвищиться. Так, у Фінляндії для ефективного освітлення нижнього листя рослин застосовують натрієві лампи потужністю 250 Вт, які розміщують у проходах між рослинами. Але в цій конструкції є недоліки, зокрема необхідно збільшувати відстань між рядами до двох метрів, щоб лампи не обпалювали листя. Крім того освітлювальна арматура ускладнює загальний процес роботи у теплиці. Цих проблем можна уникнути, якщо установити фітосвітильники FloraMicro на підвісах прямо між рослинами у ряду. Також їх можна вважати додатковим джерелом тепла, тому що температура нагрівання корпусу сягає 40 °С. Довжина фітосвітильника 1 метр, розташовані світлодіоди з двох сторін, а споживана потужність лише 60 Вт. При розташуванні в лінію один до одного, вони забезпечують додатковий вплив до верхнього освітлення, саме там, де рослини його недоотримують, тобто в зоні нижнього листя. Це прискорює фотосинтез та веде до підвищення врожайності. Оскільки кожна теплиця має свої особливості, перед встановленням освітлювальної техніки необхідно провести ретельні розрахунки як експлуатації, так і окупності. Встановлення сучасного освітлювального обладнання в теплицях потребує значних початкових інвестицій, однак, якщо спільно з сучасними світловими рішеннями використовувати інші прогресивні технології роботи в теплицях, зростання врожайності та енергоефективність безсумнівно окуплять вкладення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабич О. А. Сучасні системи освітлення для рослинництва захищеного ґрунту: навчальний посібник. Київ: Аграрна наука, 2019. 210 с.
2. Никифорова Л. Є., Кізім І. В. Енергозберігаючі світлодіодні джерела випромінення для сільського господарства. *Праці ТДАТУ*. 2011. Вип. 11, т. 3. С. 143–147.

УДК 663.94.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШІННЯ ГЛАЗУРОВАНИХ ЦУКЕРОК НА КОНВЕЄРНІЙ СТРІЧЦІ

Воропаєв Ю. С., магістр, e-mail: voropaev1201@gmail.com"com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.
Державний біотехнологічний університет

Відомо, що значну частину кондитерських та молочний продуктів з метою надання їм підвищеного попиту, випускають у глазурованому вигляді, причому їх асортимент постійно розширюється. Так, покриття шоколадною глазур'ю дає можливість значно підвищити смак цукерок а й покращити їх харчову цінність та зовнішній вигляд та додатково зберегти смакові якості і уповільнити процеси окислення. Тому, в сучасному виробництві на кондитерських фабриках його часто використовують при виробництві широкого асортименті цукерок [1].

Вітчизняний ринок кондитерських виробів представлений переважно продукцією внутрішньодержавного виробництва і їх асортимент доволі насичений і різноманітний. Для виготовлення вказаної продукції застосовується в основному вітчизняне обладнання та потокові лінії, зокрема спеціальні електротехнологічні установки. Однак, в сучасних економічних умовах важливим є здешевлення продукції, що можливо досягти завдяки впровадженню ряду експлуатаційних заходів [2].

Економічна ефективність будь-якого виробничого процесу, пов'язаного з нагрівом, характеризується питомим використанням електричної енергії, тому доцільно використовувати будь-які заходи щодо підвищення ефективності експлуатації діючих електротехнологічних установок, що в свою чергу приведе до здешевлення продукції.

Відомо, що електроенергія, витрачена на нагрівання виробів, прямо пропорційна продуктивності установки, а теплові втрати залежать тільки від її конструктивних особливостей. При збільшенні продуктивності установки (робочої машини, агрегату та ін.) втрати тепла розподіляються на більшу масу (кількість) виробів, що веде взагалі до зростання ККД електротехнологічної установки та зниженню питомої витрати електричної енергії. Причому, підвищення продуктивності часто можливо без суттєвого збільшення матеріальних затрат, особливо коли установка має запас потужності по нагріву, що дозволяє скоротити роботу установки без завантаження і зменшити її час простою на охолодження.

Крім того, суттєвої економії електроенергії можливо досягнути завдяки застосуванню приладів для примусового обдування теплим повітрям від попередньої партії цукерок з конвеєрної стрічки і спрямування його на іншу ділянку стрічки, яку щойно завантажили. Аналіз реальних умов виробництва показав, що загальна економія електроенергії при застосуванні принципу варіанту повторного використання нагрітого повітря в закритих тунелях, де рухається конвеєрна стрічка з цукерками, може досягати до 25–30 %.

Таким чином, збалансована і контрольована робота по ефективній експлуатації електротехнологічної установки дозволить не тільки скоротити питомі витрати електроенергії, а й зменшити собівартість продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 4135:2021. Цукерки. Загальні технічні умови. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 23 с.

2. Эффективные режимы работы электротехнологических установок / И. В. Жеженко, В. М. Божко, Г. Я. Вагни, М. Л. Рабинович. Киев: Техника, 1987. 181 с.

УДК 621.128.5.

РОЗРОБКА СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПАКУВАННЯ ЧАЮ

Дмитренко Є. В., бакалавр, e-mail: dmitrevit@gmail.com
Щербина В. О., бакалавр, e-mail: valera_valera68@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.
Державний біотехнологічний університет

На сьогоднішній день актуальним питанням на промислових підприємствах є встановлення нового чи модернізація старого обладнання з метою підвищення якості виробничих процесів та енергозбереження [1]. Широке застосування набули регульовані електроприводи. На фабриці по фасуванню чаю постало завдання підвищення кількості та якості своєї продукції.

У даний час сполучний стрічковий конвеєр, встановлений для підвищення продуктивності упаковки чаю, оснащений нерегульованим електроприводом з асинхронним електродвигуном з короткозамкненим ротором, що ускладнює процес синхронізації роботи з основним конвеєром першої машини формування фільтр-пакетів.

Мета роботи – розробка силової частини електричної схеми установки для пакування чаю, яка задовольняє вимоги технологічного процесу.

Сучасним технологічним рішенням, як показують дослідження, може стати установка електроприводу з регулюванням в широких межах швидкості. Такий шлях дозволить спростити процес налагодження та вибору оптимального технологічного режиму роботи механізмів за рахунок регулювання швидкості. Найбільш перспективним та доцільним тут є електропривод за системою перетворювач частоти-асинхронний двигун (ПЧ-АД). Така система має низку переваг до яких можна віднести: висока точність регулювання; економія електроенергії; підвищений ресурс електроустаткування; плавний запуск двигуна; стабілізація швидкості обертання двигуна за зміни навантаження.

У науковій роботі був проведений аналіз різних систем електроприводу стрічкового конвеєра, за допомогою якого можна привести в рух виконавчі органи робочих машин і механізмів управління цим рухом. Електропривод складається з групи взаємопов'язаних і взаємодіючих один з одним електротехнічних, електромеханічних, механічних елементів і пристроїв.

Безперервний, односторонній характер роботи конвеєрних механізмів визначає тривалий (безперервний) режим роботи їх електроприводів, які виконуються в основному нереверсивними, за винятком технологічних процесів, де потрібна зміна напрямку руху. Багато конвеєрів призначених для транспортного переміщення та мають одну постійну швидкість руху і не вимагають електроприводу, що регулюється. У сучасному виробництві робота кількох конвеєрів може поєднуватися загальним технологічним процесом, тобто синхронізацією. У цьому випадку рухи окремих конвеєрів строго узгоджуються між собою за швидкістю. Синхронізація руху (узгоджене обертання) конвеєрів має сенс, коли різні вироби після необхідних технологічних операцій на окремих конвеєрних лініях повинні з'єднуватися на конвеєрі в точній позиційній відповідності один з одним.

Таким чином, сучасні перетворювачі частоти дозволяють також регулювати напругу на статорі двигуна в певній пропорції разом з частотою струму по відповідному закону. У даний час практично всі перетворювачі частоти мають таку можливість.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підіймальних і транспортувальних машин: підручник для ВУЗів / В. С. Бондарєв, О. І. Дубинець, М. П. Колісник та ін. Київ: Вища школа, 2009. 322 с.

УДК 016:664.7

МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА МОЛОКА

Довбиш С. О., бакалавр, e-mail: lyashgen@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.
Державний біотехнологічний університет

Метрологічне забезпечення виробництва молока та молочної продукції являє собою систему заходів, які спрямовані на те, щоб забезпечити точність та єдність вимірювань на всіх етапах виробництва.

Метрологічне забезпечення важливе для управління якістю на підприємствах молочної промисловості.

На початковому етапі особливу увагу приділяють контролю якості сирого молока. Визначаються такі показники, як масова частка жиру, білка, сухих речовин, кислотність, густина та температура. Також молоко досліджується на наявність антибіотиків та домішок. Точність цих вимірювань є критичною, оскільки від них залежить подальша технологічна обробка сировини.

У процесі виробництва молочної продукції (пастеризація, нормалізація, гомогенізація, ферментація) метрологічне забезпечення передбачає постійний контроль параметрів технологічного процесу. Наприклад, під час пастеризації необхідно чітко дотримуватися встановленого температурного режиму.

Важливим аспектом є забезпечення справності та точності засобів вимірювальної техніки. Усі прилади підлягають регулярній повірці, калібруванню та технічному обслуговуванню відповідно до встановлених нормативних документів.

Метрологічне забезпечення також включає контроль під час зберігання та транспортування молока і молочних продуктів. Вимірюються температурні режими, вологість, терміни придатності, умови герметичності упаковки. Це дозволяє запобігти псуванню продукції та зберегти її споживчі властивості. Окрім цього, важливу роль відіграє стандартизація та дотримання нормативних вимог ДСТУ, ISO, HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points). Метрологічний контроль виробничих процесів забезпечує простежуваність результатів вимірювань.

Отже, метрологічне забезпечення виробництва молока та молочної продукції є необхідною умовою отримання якісної, безпечної та конкурентоспроможної продукції. Воно гарантує точність технологічних процесів, стабільність характеристик продукції та відповідність встановленим стандартам.

Метрологічне забезпечення включає:

- контроль якості сировини (вміст жиру, білка, кислотність, щільність);
- повірку та калібрування вимірювальних приладів;
- дотримання стандартів і норм (температури, об’єму, маси);
- контроль технологічних процесів (пастеризація, зберігання, транспортування).

Основна мета – забезпечити безпечність, якість і відповідність продукції встановленим вимогам. Застосування системи SCADA для метрологічних повірок засобів вимірювальної техніки допомагає підвищити якість продукції.

Удосконалення метрологічного забезпечення є актуальним. Передбачаються подальші дослідження, пов'язані з розробкою апаратури щодо контролю якості молочної продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Григоренко І. В., Григоренко С. М., Шибанов А. А. Обробка інформації з мікропроцесорної вимірювальної системи для технологічного процесу виробництва вершкового масла / ХНУРЕ. *Метрологія та прилади*. 2025. № 1. С. 54–59.

УДК 621.316.7

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ КОРМОЦЕХУ ВРХ

Єгоров І. В., студент ННІ ЕАЕ, e-mail: lchervinsky@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Червінський Л. С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Ефективність сучасного тваринництва значною мірою визначається рівнем механізації та автоматизації процесів приготування і роздавання кормів.

Кормоцех ВРХ — це технологічний комплекс обладнання для подрібнення, змішування, дозування та роздавання кормів для великої рогатої худоби. Електрообладнання забезпечує привід механізмів, автоматичне керування, контроль параметрів та безпеку роботи**.**

Автоматизація технологічних процесів в кормоцеху для великої рогатої худоби дозволяє:

- забезпечити точне дозування компонентів;
- зменшити втрати корму;
- оптимізувати енергоспоживання;
- підвищити надійність технологічного процесу;
- проводити автоматичний контроль якості продукту.

Найбільш перспективним напрямом є використання електроприводів з частотним регулюванням та інтеграція їх у автоматизовані системи керування.

Система автоматичного керування включає:

- датчики маси;
- датчики рівня корму;
- контролери PLC;
- частотні перетворювачі електроприводів;
- систему диспетчерського контролю (SCADA), яка забезпечує візуалізацію процесу кормоприготування в реальному проміжку часу.

Висновок. Обґрунтування системи автоматизації технологічними процесами кормоцеху ферми ВРХ свідчить, що застосування автоматизованих технологій приготування кормів дозволяє підвищити ефективність тваринницького виробництва, забезпечити стабільну якість кормових сумішей та знизити експлуатаційні витрати.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M. Big data in smart farming – a review. *Agricultural Systems***.** 2020. Vol. 153. P. 69–80**.**

2.Zhang Q. Precision Agriculture Technology for Crop Farming**.** Boca Raton: CRC Press, 2021. 410 p.

3.Groover M. P**.** Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**.** 4th ed. New York: Pearson, 2020. 825 p.

4.Hughes A., Drury C**.** Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications**.** 5th ed. Oxford: Newnes, 2022. 432 p.

5.Zhang, Q., Wang, H., & Zhao, X. (2019). *Automation and control in livestock feeding systems*. *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 41–50. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.04.012

УДК 621.314.11

РОЛЬ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ У СУЧАСНИХ СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Ємець В. М., магістр, e-mail: Krgrad.emec@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.
Державний біотехнологічний університет

Кондиціювання повітря – це кліматична система для охолодження, обігріву, очищення та осушення повітря в приміщенні. Як відомо, електродвигун — це основний елемент кондиціонера, що забезпечує циркуляцію холодоагенту та повітря [1]. Основна його функція — перетворення електричної енергії в механічну роботу компресора та вентиляторів. Як показують дослідження, сучасні інверторні спліт-системи забезпечують точну підтримку температури та економію енергії. Враховуючи те, що економія електричної енергії займає важливе місце, то дана тема є дуже актуальною.

Метою наукової роботи є дослідження електричних двигунів у сучасних системах кондиціювання повітря.

На сьогоднішній день електричний двигун є основним споживачем електричної енергії. Відрізняються такі електричні двигуни по потужностям, масогабаритним показникам, частотам обертання і також за родом струму. Типи двигунів у кондиціонуванні це переважно АС-двигуни (змінного струму) [2]. Такі двигуни прості, дешеві, але менш ефективні (працюють за принципом «увімкнено/вимкнено»). DC-двигуни (постійного струму) використовуються в інверторних системах та забезпечують плавне регулювання швидкості. BLDC-двигуни – це безщіткові двигуни з високим коефіцієнтом корисної дії (ККД) та низьким рівнем шуму.

Структурно привідна система розподіляється на три ключові вузли. Головним споживачем енергії (80–90 % від загального балансу) є компресор, потужність якого варіюється від 500 Вт до кількох кВт. Другий вузол — система вентиляції внутрішнього та зовнішнього блоків (30–100 Вт), що відповідає за інтенсивність теплообміну. Третій компонент — крокові двигуни малої потужності (2–5 Вт), які забезпечують прецизійне позиціонування жалюзі для комфортного розподілу повітряних потоків у приміщенні.

Особливу роль відіграє впровадження інверторних технологій. Завдяки плавному регулюванню частоти обертів вдається досягти економії електроенергії до 30–50 % та мінімізувати пускові навантаження на мережу. Перспективи розвитку галузі пов’язані з переходом на двигуни класів IE4/IE5 та інтеграцією SMART-технологій.

Використання інтелектуальних датчиків для самодіагностики дозволяє не лише оптимізувати енергоспоживання, а й реалізувати концепцію предиктивного обслуговування, що є важливим кроком до створення систем «розумного будинку».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

2. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільїчов, Ю. М. Хандола. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.

УДК 519.876.5

МЕТОДОЛОГІЯ ВИКОРИСТАННЯ ХМАРНИХ ОБЧИСЛЕНЬ НА БАЗІ МОВИ PYTHON ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

Ємець В. М., e-mail: Krgrad.emec@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Сорокін М. С.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах цифровізації промисловості (Industry 4.0) класичних знань з електротехніки вже недостатньо для конкурентоспроможного фахівця. Використання мов програмування, зокрема Python, стає базовим інструментом сучасного інженера-електрика. Програмування дозволяє будувати точні математичні моделі реальних електричних машин. Це дає змогу випробувати обладнання в критичних або аварійних режимах (наприклад, сильне перевантаження чи ємнісний ефект), не ризикуючи дорогим устаткуванням у лабораторії. Замість рутинних обчислень за формулами, інженер створює алгоритм, який миттєво обробляє тисячі варіацій параметрів (Ra, Xs, cosφ), що критично важливо при проєктуванні енергосистем.

Стабільність напруги в енергосистемах є одним із ключових показників якості електроенергії. Зовнішня характеристика генератора U= f(I) дозволяє оцінити здатність машини підтримувати номінальні параметри при зміні навантаження. Традиційні лабораторні дослідження часто обмежені фізичними параметрами стендів, тому використання мови програмування Python для математичного моделювання є актуальним інструментом для глибшого аналізу перехідних процесів.

Об'єкт дослідження. Процеси енергообміну між обмоткою якоря синхронного генератора та споживачами з різним коефіцієнтом потужності (cosφ).

Методика моделювання. Для побудови моделі використано інтерактивне середовище Google Colab. Розрахунок напруги на клемах генератора базувався на рівнянні векторної діаграми неявнополюсної синхронної машини:

$$U = \sqrt{E^2 - (I * Xs * \cos\varphi - I * r_a * \sin\varphi)^2} - (I * r_a * \cos\varphi + I * Xs * \sin\varphi).$$

Для візуалізації використано бібліотеку Matplotlib, а для інтерактивного керування параметрами (зміна Ra, Xs, cosφ) — пакет ipywidgets.

У результаті дослідження спостерігається помірне лінійне падіння напруги (до 10–15 %), спричинене переважно активним опором обмоток. При індуктивному навантаженні виявлено стрімке падіння напруги (понад 25 % при номінальному струмі). Це пояснюється розмагнічувальною дією реакції якоря, що послаблює основний магнітний потік ротора. В той час ємнісне навантаження викликає ефект зростання напруги на виході (вище значення ЕРС холостого ходу). Це підтверджує теорію підмагнічувальної реакції якоря, яка підсилює поле машини. Розрахунок ККД показав, що при чисто реактивному навантаженні (cosφ=0) корисна активна потужність дорівнює нулю, попри наявність струму в колі, що робить такий режим енергетично неефективним.

Висновки. Розроблена програмна модель дозволяє прогнозувати поведінку генератора в різних режимах роботи. Використання Python у навчальному процесі дозволяє студентам проводити багатоваріантні дослідження без ризику пошкодження реального обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи програмування Python: метод. вказівки для виконання практичних завдань студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форми навч., спец. 163 Біомедична інженерія. Державний біотехнологічний університет; упоряд. М. С. Сорокін. Харків: [б. в.], 2023. 109 с.

УДК 621.313:621.65

ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД НАСОСНИХ УСТАНОВОК СИСТЕМ ЗРОШЕННЯ

Єрьомка В. В., Зміївський Д. А., студенти, e-mail: eremka.v.v@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Міленін Д. М.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних системах зрошення актуальним є підвищення енергоефективності насосних станцій, які забезпечують подачу води до сільськогосподарських угідь та є одними з основних споживачів електроенергії. Традиційні способи регулювання продуктивності насосів характеризуються значними енергетичними втратами та недостатньою гнучкістю керування, особливо в умовах змінного водоспоживання. У зв'язку з цим особливого значення набуває застосування частотно-регульованих електроприводів.

Частотно-регульований електропривод насосної станції забезпечує плавне регулювання швидкості обертання електродвигуна відповідно до потреб системи зрошення, зокрема витрати води та необхідного тиску в трубопроводі. Це дозволяє оптимізувати режими роботи насосного обладнання, зменшити пускові струми, уникнути гідравлічних ударів та підвищити надійність функціонування системи.

Особливістю систем зрошення є значна нерівномірність навантаження, яка залежить від режимів поливу, погодних умов та типу сільськогосподарських культур. Це обумовлює необхідність використання гнучких систем керування електроприводом, здатних оперативно адаптуватися до змін технологічних параметрів. Частотне регулювання дозволяє ефективно узгоджувати продуктивність насосної станції з фактичними потребами у воді.

Важливу роль відіграють сучасні методи керування електроприводами, зокрема скалярне та векторне керування. Скалярне керування є простішим у реалізації та забезпечує достатню ефективність у типових режимах роботи насосів. Векторне керування дозволяє здійснювати незалежне регулювання швидкості та електромагнітного моменту двигуна, що підвищує точність та покращує динамічні характеристики системи.

Для аналізу роботи електропривода доцільно використовувати методи математичного моделювання, зокрема із застосуванням програмних середовищ типу MATLAB Simulink. Це дозволяє дослідити перехідні процеси, режими пуску, зміну навантаження та оцінити ефективність різних алгоритмів керування.

Додатковою перевагою є можливість автоматизації процесів керування насосною станцією. Інтеграція електропривода з датчиками тиску, витрати та рівня дозволяє реалізувати замкнені системи керування, що забезпечують підтримання заданих параметрів зрошення у реальному часі та підвищують ефективність використання водних ресурсів.

Крім того, впровадження частотно-регульованих електроприводів сприяє підвищенню економічної та екологічної ефективності експлуатації систем зрошення. Зниження енергоспоживання зменшує експлуатаційні витрати, а плавне регулювання швидкості обертання насосів знижує механічний знос обладнання та подовжує термін його служби.

Застосування частотно-регульованих електроприводів у насосних станціях систем зрошення дозволяє забезпечити енергоефективну, надійну та стабільну роботу обладнання, що є важливим фактором підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bose B.K. Modern Power Electronics and AC Drives. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 738 p.

УДК 631.22:621.311.2

РОЗРОБКА СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОЇ РОБОТИ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТВАРИННИЦЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

Жиденко О. М., бакалавр, e-mail: oleksiyzhydenko@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні тваринницькі приміщення потребують безперебійного забезпечення мікроклімату, що передбачає стабільну роботу систем опалення, вентиляції та водопостачання. Особливо критичною є робота насосного обладнання, яке забезпечує циркуляцію теплоносія в системах опалення. Перебої у роботі насосів можуть призводити до зниження температури в приміщенні, погіршення умов утримання тварин, зниження їх продуктивності та ризику захворювань. Традиційне живлення насосів від мережі електропостачання не завжди гарантує стабільність, особливо в умовах відключень або коливань напруги, що робить актуальним пошук альтернативних джерел енергії.

Одним із перспективних напрямів забезпечення безперебійного живлення є використання сонячних фотоелектричних систем. Сонячна енергія є відновлюваним, екологічно чистим ресурсом, що дозволяє зменшити залежність від централізованих джерел електропостачання, знизити витрати на електроенергію та забезпечити автономну роботу критично важливих вузлів систем опалення. Використання сонячних панелей у поєднанні з акумуляторними батареями та системами контролю дозволяє підтримувати стабільне живлення насосного обладнання навіть у разі тривалих відключень мережі або низької інсоляції [1].

Розробка системи сонячного енергоживлення передбачає комплексний підхід, який включає вибір потужності фотоелектричних модулів, ємності акумуляторних батарей, оптимізацію режимів роботи насосів та інтеграцію з існуючими системами опалення. Особливо важливим є забезпечення енергоефективності, надійності та автоматизації процесів, що дозволяє мінімізувати втрати енергії та зменшити вплив людського фактора.

Сучасні технології автоматизованого керування та моніторингу дозволяють інтегрувати сонячні панелі з контролерами, інверторами та системами резервного живлення, забезпечуючи адаптацію роботи насосів до фактичних умов навколишнього середовища та потреб приміщення. Це не лише підвищує надійність та ефективність системи опалення, але й сприяє зниженню експлуатаційних витрат та підвищенню загальної енергоефективності тваринницьких комплексів.

Особливої актуальності дана тема набуває в умовах зростання тарифів на електроенергію, нестабільності енергопостачання та необхідності впровадження екологічно чистих технологій у сільському господарстві. Використання сонячної енергії для забезпечення безперебійного живлення насосів систем опалення сприяє підвищенню стійкості фермерських господарств, зменшенню витрат та підвищенню продуктивності тварин.

Розробка системи сонячного енергоживлення для забезпечення безперебійної роботи насосного обладнання системи опалення тваринницького приміщення є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення енергоефективності, надійності та екологічності технологічних процесів у тваринництві.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуменюк А. П. Основи енергозбереження в насосних системах. Вінниця: УНУ, 2019. 128 с.

УДК 612.112.1

РОЛЬ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ У ПІДВИЩЕННІ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ТРАКТОРИСТА-МАШИНІСТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

Захаренков Д., студент, e-mail: nata_borovik777@ukr.net
Науковий керівник – викл. Волос Н.
Державний навчальний заклад «Лісоводський професійний аграрний ліцей»

Сучасний розвиток агропромислового комплексу нерозривно пов’язаний з інтеграцією складних електромеханічних систем у конструкцію тракторів та сільськогосподарських машин. Роль цих систем у роботі тракториста-машиніста є визначальною, оскільки вони дозволяють автоматизувати рутинні операції, знизити фізичне та психоемоційне навантаження на оператора. Традиційні механічні важелі керування все частіше замінюються на інтелектуальні джойстики та сенсорні панелі, що працюють у поєднанні з сервоприводами.

Застосування електричних приводів для керування робочими органами, систем електронного дозування насіння та добрив, а також інтелектуальних систем підресорювання кабіни суттєво підвищує ергономіку робочого місця.

Електромеханічне регулювання положення навісного обладнання дозволяє підтримувати задану глибину обробітку ґрунту автоматично, що звільняє увагу оператора для контролю загальної траєкторії руху. Використання систем точного землеробства, що базуються на електромеханічних виконавчих механізмах (наприклад, електромотори для автоматичного підрулювання), мінімізує перекриття під час обробітку ґрунту. Це не лише знижує втомлюваність водія, але й веде до суттєвої економії палива, насіння та хімікатів.

Електромеханічні системи зворотного зв’язку дозволяють оператору в реальному часі моніторити технічний стан агрегатів через мережу датчиків. Автоматизована діагностика вузлів тертя, рівнів робочих рідин та параметрів електрообладнання дозволяє вчасно виявляти критичні відхилення, запобігаючи аварійним ситуаціям.

Впровадження систем активного шумо- та віброзахисту на базі електромагнітних компенсаторів дозволяє створити комфортне середовище всередині кабіни навіть при інтенсивних польових роботах.

Таким чином, впровадження сучасних електромеханічних рішень стає ключовим фактором підвищення продуктивності праці тракториста-машиніста, забезпечуючи високу точність виконання технологічних операцій та конкурентоспроможність сучасного сільськогосподарського господарства в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кутін В. М., Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Діагностика електрообладнання: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 161 с.

2. Марченко В. І. Автоматизація технологічних процесів у сільському господарстві: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2012. 512 с.

УДК 621.181

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ НА СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Кабаєв І. І., бакалавр, e-mail: kabaevila656@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Невід'ємною операцією у більшості технологічних процесів деревообробки є сушіння, причому витрати енергії на вологовидалення становлять 70...75% від загальних енергетичних витрат. Розглянемо основні шляхи зниження енергетичних витрат на сушку пиломатеріалів.

Відмова від традиційних джерел теплової енергії та перехід на використання для цієї мети відходів деревообробки. Кількість відходів (тирса, стружка, рейки) на деревообробних виробництвах, становить від 35 до 55 %. Їх найбільша кількість має місце на підприємствах з повним технологічним циклом. Додавши до того, що деревина є екологічно чистим та відновлюваним джерелом енергії, можна вважати, що за існуючих цін на інші енергоносії, деревні відходи є безальтернативним джерелом тепла для деревообробних підприємств.

Рекуперація теплової енергії з відпрацьованого нагрітого повітря. Найбільшу економію дають теплові насоси з відкритим контуром. Особливість роботи таких насосів, на відміну від компресорних, полягає в тому, що в якості робочої рідини використовується не фреон, а вода, яка циркулює в замкнутому контурі, акумулює теплову енергію, що виділяється в конденсаторі, встановленому всередині сушильної камери і передає її в теплообмінник. Ця енергія може бути використана для обігріву виробничих та побутових приміщень, нагрівання води для технологічних та побутових потреб. Дуже ефективно повернена енергія використовується у спеціальних камерах для досушування пиломатеріалів.

Удосконалення конструкцій сушарок. Зниження енергетичних витрат у цьому напрямку досягається опосередковано, за рахунок зменшення вартості сушильних камер. Це здійснюється за рахунок розробки нетипових (індивідуальних) проектів для конкретного підприємства з урахуванням особливостей його роботи, використанням для термоізоляції сушильної камери місцевих будівельних матеріалів, застосування вітчизняного теплового та циркуляційного обладнання, а також систем автоматичного регулювання.

Розробка та впровадження нових технологій сушіння, що дозволяють знизити витрати теплової та електричної енергії. З урахуванням стандартних режимів сушіння розроблені нові технології. Вони відрізняються від стандартних тим, що температура повітря для сушіння не перевищує 75 °С, а температура води в теплообмінниках камер не перевищує 95 °С, при цьому забезпечується стійка робота електродвигунів циркуляційних вентиляторів, встановлених усередині камери. Крім того, за такої температури повністю зберігається природна міцність деревини.

Економію теплової та значною мірою електричної енергії забезпечує перемежований режим роботи конвективного сушіння пиломатеріалів. При такому способі циклічно змінюють температури деревини, коли за певним періодом підвищення температури слідує період її зниження. Циклічна зміна температури дозволяє в період охолодження додатково використовувати таку рушійну силу як термовологопровідність, яка за певних умов може бути більш ефективною, ніж вологопровідність. Така технологія забезпечує рівномірний розподіл вологи по всій товщині деревини та скорочує тривалість сушіння без зниження якості матеріалів, що висушуються.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пінчевська О. О., Спірочкін А. К. Технологія сушіння і захисту деревини: навчальний посібник. Київ: НУБіП, 2021. 171 с.

2. Хрик В. М., Левандовська С. М., Кімейчук І. В. Деревинознавство з основами лісового товарознавства і стандартизації лісової продукції: навчальний посібник. Біла Церква: БНАУ, 2023. 234 с.

УДК 628.1

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФЕРМ ВРХ

Калінін І. В., студент, e-mail: VVS11101992@gmail.com
Науковий керівник – ст. викл. Сухін В. В.
Державний біотехнологічний університет

Ефективне водозабезпечення є однією з ключових умов утримання великої рогатої худоби, оскільки вода безпосередньо впливає на всі життєві процеси організму тварин, їх продуктивність і загальний фізіологічний стан. Відомо, що нестача води або її низька якість призводить до зниження надоїв, порушення травлення, зменшення приростів маси та підвищення ризику захворювань, що негативно впливає на ефективність тваринницького виробництва [1]. Саме тому організація раціональної системи водопостачання є важливим завданням сучасного фермерського господарства, розв'язок якого дасть можливість забезпечити нормальні умови для розвитку вирощуваних тварин.

Системи водозабезпечення ферм ВРХ класифікують за джерелом водопостачання, способом її транспортування та рівнем технічного оснащення. Найбільш поширеними є централізовані системи, які передбачають підключення до зовнішніх водопровідних мереж. Вони забезпечують стабільну подачу води відповідної якості, однак характеризуються залежністю від інфраструктури та значними витратами на підключення і обслуговування. Альтернативним рішенням є автономні системи, що використовують місцеві джерела води, такі як свердловини, колодязі або відкриті водойми. Такі системи дають змогу забезпечити незалежність господарства, проте вимагають використання насосного обладнання, а також проведення регулярного контролю якості води та її очищення [1].

Важливою складовою водозабезпечення є організація процесу напування тварин. На сучасних фермах широко впроваджуються автоматичні поїлки, які можуть бути індивідуальними або груповими. Вони забезпечують постійний доступ тварин до води, регулюють її подачу залежно від потреб і сприяють зменшенню втрат. Використання таких систем дозволяє підвищити санітарно-гігієнічний рівень утримання худоби та суттєво скоротити витрати праці обслуговуючого персоналу. Крім того, автоматизація процесів сприяє більш раціональному використанню водних ресурсів [2].

В умовах помірного та холодного клімату важливе значення мають системи підігріву води, які запобігають її замерзанню у трубопроводах і поїлках. Для цього застосовують електричні нагрівальні елементи або інші технічні рішення, що забезпечують стабільне функціонування системи в зимовий період. Це дозволяє підтримувати безперебійне водопостачання протягом року та уникати зниження продуктивності тварин [2].

Вибір оптимальної системи водозабезпечення залежить від багатьох факторів, зокрема розміру ферми, напряму її спеціалізації, природно-кліматичних умов, наявності водних ресурсів і економічних можливостей господарства. У сучасних умовах розвитку тваринництва спостерігається тенденція до впровадження комплексних і автоматизованих систем, які забезпечують надійність, економічність і зручність експлуатації [1].

Отже, застосування сучасних систем водозабезпечення є важливим чинником підвищення ефективності ферм великої рогатої худоби. Раціонально організоване водопостачання сприяє покращенню продуктивності тварин, зниженню витрат і створенню належних умов їх утримання, що є необхідною передумовою розвитку сучасного тваринництва [1, 2].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ковальчук І. М. Водопостачання сільськогосподарських підприємств: навч. посіб. Київ: Вища освіта, 2019. 256 с.

2. Сидоренко В. П., Мельник О. І. Системи водозабезпечення тваринницьких ферм: монографія. Харків: ФОП Іванченко І. С., 2020. 312 с.

УДК 621.313:621.56

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА ОБМЕЖЕНЬ ТРАДИЦІЙНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СИСТЕМ МІКРОКЛІМАТУ

Карпов Д. С., магістр, e-mail: Dimakarpov@gmail.com
Науковий керівник – доц. Сотнік О. В.
Державний біотехнологічний університет

Системи мікроклімату відіграють ключову роль у забезпеченні нормативних умов експлуатації тваринницьких, тепличних і промислових об'єктів. Ефективність їх функціонування значною мірою визначається параметрами електроприводів, що забезпечують роботу вентиляторів, насосів і компресорів. На більшості об'єктів застосовуються традиційні електроприводи на базі асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором без регулювання швидкості. Попри конструктивну простоту та надійність, такі приводи характеризуються обмеженими можливостями регулювання та зниженою енергоефективністю. Ключовим недоліком традиційних електроприводів є низька енергоефективність. Це обумовлено рядом факторів: асинхронний двигун без регулювання працює практично на постійній швидкості, незалежно від фактичної потреби системи. У випадку часткового навантаження це призводить до: перевитрати електроенергії; зниження ККД, збільшення втрат у двигуні та мережі. Для вентиляторів і насосів характерна квадратична залежність споживаної потужності від швидкості обертання. Навіть незначне зниження швидкості могло б суттєво зменшити енергоспоживання, що не реалізується у традиційних системах. Тут широко застосовується регулювання продуктивності шляхом: часткового перекриття клапанів, використання заслінок, байпасування потоку. Це призводить до: втрат енергії у вигляді тепла; зниження ефективності системи; додаткового навантаження на обладнання. Фактично енергія витрачається на створення надлишкового потоку, який потім штучно обмежується. У реальних умовах експлуатації обладнання часто працює при завантаженні 30–70 % від номінального. При цьому: ККД двигуна знижується, коефіцієнт потужності погіршується, зростають відносні втрати. Вони не забезпечують плавного регулювання швидкості, що обмежує можливості точного підтримання параметрів мікроклімату: температури; вологості; швидкості повітря. Регулювання здійснюється ступінчасто або взагалі відсутнє, що призводить до коливань параметрів. Прямий пуск асинхронного двигуна супроводжується: високими пусковими струмами (у $(5–7)I_н$); механічними ударами; просадками напруги в мережі. Це негативно впливає як на сам двигун, так і на інше обладнання. Часто відсутні сучасні засоби автоматизації, що обмежує: можливість адаптації до зовнішніх умов; інтеграцію у системи диспетчеризації; застосування енергоефективних алгоритмів управління. Робота у нераціональних режимах призводить до: перегріву двигуна; підвищеного зносу підшипників; скорочення ресурсу обладнання. При пусках і зупинках виникають значні динамічні навантаження, що: прискорюють руйнування елементів системи; знижують надійність роботи. Не дозволяють легко змінювати параметри роботи системи, що ускладнює: модернізацію; адаптацію до нових технологічних вимог. Через низьку енергоефективність традиційні системи призводять до значних експлуатаційних витрат, особливо при тривалому режимі роботи. Відсутність регульованого приводу ускладнює використання: інтелектуальних систем управління; систем оптимізації; інтеграції з відновлюваними джерелами енергії. Неефективне використання електроенергії призводить до: збільшення викидів CO_2; зростання навантаження на енергосистему.

Проведений аналіз показав, що традиційні електроприводи систем мікроклімату характеризуються низькою енергоефективністю, обмеженими можливостями регулювання, значними втратами при дроселюванні та підвищеним зносом обладнання, що обмежує їх ефективне застосування в сучасних умовах. Підвищення ефективності роботи таких систем досягається шляхом впровадження регульованих електроприводів, зокрема із застосуванням перетворювачів частоти, що забезпечує зниження енергоспоживання, покращення якості регулювання та підвищення надійності обладнання.

УДК 631.365.2

ОГЛЯД СУЧАСНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ АКТИВНОГО ПОВІТРООБМІНУ ЗЕРНОВИХ БУРТІВ

Карпов В. С., студент, e-mail: VVS11101992@gmail.com
Науковий керівник – ст. викл. Сухін В. В.
Державний біотехнологічний університет

Сучасне зберігання зернових культур вимагає ефективних технологій контролю температури та вологості, оскільки саме ці фактори найбільше впливають на якість зерна під час тривалого зберігання. Одним із найбільш поширених та ефективних методів є активне вентилювання зернових буртів, яке забезпечує примусовий повітрообмін у зерновій масі за допомогою спеціальних вентиляційних установок [1].

Активне вентилювання передбачає подачу повітря через шар зерна за допомогою вентиляторів і систем повітророзподілу. Це дозволяє знижувати температуру зерна, вирівнювати його вологість, а також запобігати розвитку мікроорганізмів, грибків і шкідників. У результаті значно підвищується збереженість зернової продукції [2].

Сучасні вентиляційні установки для зернових буртів поділяються на кілька основних типів. Найбільш поширеними є переносні підлогові системи, які використовуються на відкритих зернових токах. Вони складаються з вентилятора високого або середнього тиску та системи повітряних каналів, що розміщуються під буртом. Такі установки є універсальними, недорогими та легко адаптуються до різних розмірів насипу зерна [1]. Також застосовуються трубні мобільні системи, які складаються з перфорованих повітряних труб. Вони вводяться безпосередньо в зернову масу і забезпечують локальний повітрообмін [2].

Більш технологічно складними є стаціонарні системи вентиляції, які монтуються в зерносховищах. Вони включають підлогові канали, решітки та потужні вентилятори, що забезпечують рівномірний розподіл повітря по всій масі зерна. Такі системи характеризуються високою ефективністю, але потребують значних капітальних вкладень [1].

Сучасні тенденції розвитку вентиляційних установок спрямовані на підвищення енергоефективності та автоматизацію процесів. Використовуються вентилятори з частотним регулюванням, датчики температури та вологості, а також системи автоматичного керування мікрокліматом у зерновій масі. Це дозволяє оптимізувати режими вентилювання та зменшити витрати електроенергії [2].

Важливим фактором ефективності є правильне проєктування системи повітророзподілу під конкретні параметри зернового бурту. Нерівномірний розподіл повітря може призвести до утворення зон підвищеної вологості або перегріву, що є негативним для зерна. Тому при виборі вентиляційного обладнання враховують висоту бурту, щільність укладання та вологість зернової маси [1].

Крім того, сучасні вентиляційні установки все частіше інтегруються з цифровими системами моніторингу, що дозволяє в реальному часі контролювати стан зерна. Такі системи підвищують точність управління процесом вентилювання, дозволяють своєчасно виявляти ризики самозігрівання та автоматично коригувати режим роботи обладнання [2].

Таким чином, сучасні вентиляційні установки для активного повітрообміну зернових буртів є важливим елементом післязбиральної обробки зерна. Їх використання дозволяє значно підвищити якість зберігання, мінімізувати втрати та забезпечити стабільний стан зернової продукції протягом усього періоду зберігання [1].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гілязєв Р. Р., Лисенко В. П. Післязбиральна обробка та зберігання зерна: навч. посіб. Київ: Урожай, 2012. 256 с.

2. Бурлака В. В., Козаченко О. В. Механізація та технології післязбиральної обробки зерна: навч. посіб. Харків: ХНТУСГ, 2015. 310 с.

УДК 62-52

АНАЛІЗ СКЛАДНОСТІ ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ В ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ТА МЕХАТРОНІЦІ

Ковальов А. А., аспірант, e-mail: akovalev043@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Котляров В. О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Розвиток промислових мехатронних систем автоматизації та їх електричних приводів (ЕП) супроводжується неперервним зростанням складності цих систем. Зокрема, сучасні перетворювачі частоти отримали такі можливості як вбудовані технологічні ПІД-регулятори та ПЛК, осцилограф, різноманітні мережеві цифрові інтерфейси керування. Таке збільшення функціональної та структурної складності веде і до складності проектування ЕП на базі перетворювача частоти. Ця складність технічних рішень та процесу їх пошуку потребує дослідження та оптимізації. Але на сьогодні засоби дослідження складності ЕП та мехатронних систем фрагментарні і не узагальнені у методологію, якою можна користуватися для розрахунку та порівняння складності проєктів ЕП в цілому або окремих технічних рішень.

Для дослідження складності ЕП ми пропонуємо підхід, який полягає в наступному. На мові проєктування SysML будується об’єктно-орієнтована модель структури проектованої системи, в яку входять варіанти технічних рішень та проектних процедур. Перевагою SysML є комплексне представлення проектної інформації, що відміну від традиційних форм проєктних документів дозволяє швидко відстежувати вплив одних проектних рішень на інші. Мова SysML полегшує і застосування методу надлишкової структури для синтезу ЕП. Тоді така модель включає в себе множину виявлених типових варіантів структури проєктів і наукових досліджень ЕП промислової автоматизації та інших областей застосування. Ці структурні елементи далі доповнюються параметрами та методами розрахунку і аналізу метрик складності і зв’язками впливу складності одних елементів на інші.

У результаті стає можливим прослідкувати вплив одних частин проекту ЕП на інші та на загальну складність системи. Методи розрахунку складності, які включено до складу моделі, дозволяють виконувати цей розрахунок на всіх стадіях проектування, починаючи вже зі стадії концептуального проектування. На неї оцінки потребує складність вимог до ЕП, яка пов’язана зі складністю припущень, обраних проектувальником. Складність припущень і вимог необхідно розглядати разом, ієрархія припущень повинна відповідати ієрархії вимог. Далі складність вимог призводить і до відповідної складності структури системи. Для моделювання та верифікації вимог та припущень і їх зв'язків зі структурою ЕП було вирішено використовувати методологію проєктування AVATAR, що базується на застосуванні мови SysML [1]. Графічна мова цієї методології є розширенням SysML і дозволяє ефективно відстежувати взаємозв'язки між припущеннями, вимогами та варіантами їх реалізації у структурі системи. Побудовані діаграми вимог та припущень можна розглядати як орієнтовані графи і застосовувати до них метрики складності з теорії графів. Аналогічним чином далі і аналіз складності структури ЕП в цілому, та структури окремих підсистем та їх математичних моделей, наприклад механічних передач, також можливий методами теорії графів. Добре відомо і застосування методів цієї теорії у програмній інженерії, методи якої використовують для розрахунків складності програмного забезпечення систем керування ЕП. Таким чином, запропонований підхід дозволяє на базі методології об'єктно-орієнтованого моделювання та теорії графів систематизувати оцінки складності проєктів ЕП та застосувати такі оцінки для оптимізації проектних рішень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Pedroza G., Apvrille L., and Knorreck D. AVATAR: A SysML Environment for the Formal Verification of Safety and Security Properties. *11th Annu. Int. Conf. New Technol. Distrib. Syst. (NOTERE)*, May 9–13. Paris, France, 2011.

УДК 621.327.539

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ Й ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Ковальчук С. М., магістр, e-mail: prostolove5@gmail.com
Науковий керівник – доц. Синявський О. Ю.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Відхилення напруги в електроприводах постійного струму призводить до збитків, які мають електромагнітну і технологічну складову. Електромагнітна складова визначається втратою активної потужності і зміною терміну служби ізоляції електрообладнання. Технологічна складова збитків обумовлена впливом відхилення напруги на продуктивність технологічних установок та собівартість продукції, що випускається [1].

Унаслідок відхилення напруги змінюються технологічні та енергетичні характеристики робочих машин [2].

Мета дослідження – встановити вплив відхилення напруги у мережі живлення на технологічні та енергетичні характеристики робочих машин.

Якщо момент статичних опорів робочої машини не залежить або лінійно залежить від кутової швидкості, тоді кутова швидкість двигунів постійного струму незалежного і паралельного збудження лінійно залежать від напруги:

$$\omega_* = U_*, \tag{1}$$

де $\omega_*=\omega/\omega_н$ – кутова швидкість у відносних одиницях; U_* – напруга у відносних одиницях.

Якщо продуктивність робочої машини лінійно залежить від кутової швидкості, тоді

$$Q_* = U_*, \tag{2}$$

де Q_* – продуктивність робочої машини у відносних одиницях.

Питома витрата електроенергії у відносних одиницях:

$$q_* = \frac{P_2 + \Delta P_c + \Delta P_v}{P_{2н} + \Delta P_{cн} + \Delta P_{vн}} \cdot \frac{Q_н}{Q}, \tag{3}$$

де $P_{2н}$ і P_2 – відповідно потужність на валу двигуна при номінальній напрузі і відхиленні напруги, Вт; $\Delta P_{cн}$ і ΔP_c – постійні втрати потужності, Вт; $\Delta P_{vн}$ і ΔP_v – змінні втрати поужності, Вт.

Питома витрата електроенергії в електроприводі з двигунами постійного струму незалежного і паралельного збудження і робочої машини з моментом статичних опорів, незалежним від кутової швидкості при відхиленні напруги:

$$q_* = \eta_н + \frac{1-\eta_н}{U_н}, \tag{4}$$

де $\eta_н$ – номінальний ККД двигуна; α – коефіцієнт втрат;
а з моментом, лінійно залежним від кутової швидкості, при відхиленні напруги:

$$q_* = \eta_н U_* + \frac{1-\eta_н}{\alpha+1}\left(\alpha/U_* + 1\right). \tag{5}$$

Таким чином, при зниженні напруги в електроприводах постійного струму зменшується продуктивність робочої машини та зростає питома витрата енергії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Адамова С. Аналіз впливу якості електроенергії на роботу струмоприймачів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2018. Вип. 8, т. 2. С. 1–10.

2. Sinyavsky O., Savchenko V., Solomko N., Kisten V., Zalozny R. Influence of electricity quality on technological characteristics of agricultural machines. Wpływ jakości energii elektrycznej na charakterystyki technologiczne maszyn rolniczych. *Przeglad Elektrotechniczny*. 2021. Vol. 97(8). P. 84–87. doi:10.15199/48.2024.02.24.

УДК 621.314

ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Колєснік А. С., студент, e-mail: temafoks@gmail.com
Науковий керівник – викл. Сергієнко Л. С., e-mail: lubovserjienko@gmail.com
Берестинський аграрно-технічний фаховий коледж

Частотний перетворювач у комплекті з асинхронним електродвигуном дозволяє замінити електропривод постійного струму. Системи регулювання швидкості двигуна постійного струму досить прості, але слабким місцем такого електроприводу є електродвигун. Він дорогий і ненадійний. При роботі відбувається іскріння щіток, під впливом електроерозії зношується колектор. Такий електродвигун не може використовуватися в запиленому та вибухонебезпечному середовищі. Асинхронні електродвигуни перевершують двигуни постійного струму за багатьма параметрами: вони прості за конструкцією і надійні, тому що не мають рухомих контактів; мають менші по порівняно з двигунами постійного струму розміри, масу та вартість за тієї ж потужності; прості у виготовленні та експлуатації.

Основний недолік асинхронних електродвигунів – складність регулювання їх швидкості традиційними методами: зміною напруги живлення, введення додаткових опорів у ланцюг обмоток.

Головними перевагами при регулюванні електродвигуна частотним перетворювачем є:

1. Перетворювач частоти дозволяє без додаткових конденсаторів, індуктивностей та елементів опору підключати до однофазної мережі змінного струму напругою 220 В трифазні електродвигуни з короткозамкненим ротором, потужністю від кількох ват до 1,5 кВт. У цьому діапазоні потужностей знаходиться більшість електродвигунів для роботи «малої» механізації, а саме: електрообприскувачі, електрокультиватори, насоси, точила, деревообробні верстати, зернодробарки, млини, овочерізки, медогонки.

2. Перетворювачем частоти плавно регулюються оберти будь-якого електродвигуна, від номінальних до 60...100 обертів за хвилину.

3. Можливість стабільної роботи електродвигуна у номінальному режимі при стрибках напруги мережі від 180 до 264 В.

4. Перетворювач плавно за кілька секунд запускає або зупиняє електродвигун. Це важлива властивість при роботі з асинхронними електродвигунами, що дозволяє уникнути значних навантажень струму в електромережі.

5. Перетворювач може змінювати напрямок обертання електродвигуна.

6. У конструкцію перетворювача може бути закладена можливість програмного управління за допомогою комп'ютера, що дозволить економно витрачати електроенергію.

Трифазний електродвигун потужністю до 1,5 кВт з перетворювачем частоти створює універсальний електропривод практично для всієї «малої» механізації, необхідно лише муфти, для з'єднання електродвигуна з різними робочими машинами. Запропонована конструкція дає можливість застосовувати один такий універсальний електропривод для виконання різних технологічних операцій у фермерському господарстві та значно економить кошти. Застосування частотно-регульованого електроприводу, зі змінними робочими машинами, є економічно вигідним та ефективним, тому необхідно частіше його використовувати для отримання високої якості продукції без зайвих витрат на електроенергію та ремонт приводних електродвигунів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

2. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільїчов, Ю. М. Хандола. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.

УДК 621.314.2.004.94

МОДЕЛЮВАННЯ Й АНАЛІЗ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГУНА В СИСТЕМАХ НАСОСНИХ УСТАНОВОК

Комунецький О. Ю., магістр, e-mail: ramsh_v@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Рамш В. Ю.
ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

У сучасних виробничих процесах значну частину споживачів електричної енергії становлять електроприводи насосних установок і вентиляторів. Ефективність їх роботи, безпосередньо впливає на енергоспоживання підприємств та якість технологічних процесів.

Для проєктування, створення та ефективної експлуатації електромеханічних систем, необхідно глибоко розуміти як загальне призначення машини, так і принцип роботи її окремих елементів.

Однією з важливих сфер застосування рідинних насосів, є система кондиціювання повітря. Така система належать до систем життєзабезпечення та забезпечують підтримання комфортних параметрів мікроклімату, зокрема температури повітря.

Моделювання електроприводу вентильного двигуна в MATLAB є ключовим інструментом для інженерів, що дозволяє підвищити ефективність, надійність та економічність насосних установок. Воно забезпечує глибоке розуміння процесів і дає можливість впроваджувати сучасні методи керування без значних ризиків і витрат. У роботі, розглянуто модель вентильного двигуна, підключеного до інвертора напруги без використання зворотного зв’язку за частотою обертання ротора. Ми модель у MATLAB, щоб точно відтворити роботу електроприводу вентильного двигуна в насосній установці, враховуючи специфічні параметри системи та можливість гнучкого моделювання різних режимів роботи[1].

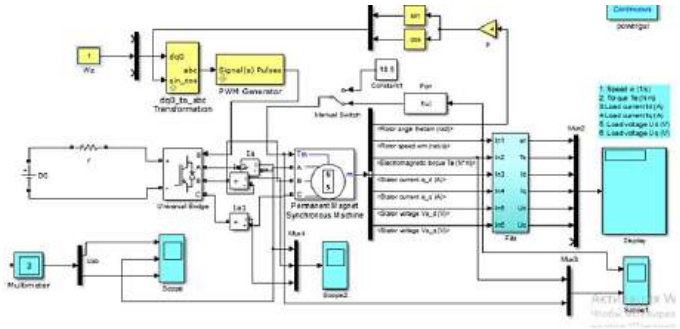


Рисунок 1 – Імітаційна модель вентильного двигуна

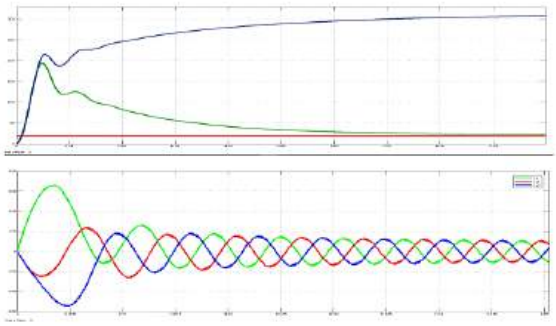


Рисунок 2 – Перехідні процеси двигуна

На основі проведеного моделювання встановлено, що досліджувана модель вентильного двигуна забезпечує вихід на номінальні режими роботи, при заданих умовах. Значення струмів та швидкості обертання відповідають розрахунковим параметрам. Таким чином, можна зробити висновок, що дана модель вентильного двигуна повністю задовольняє заданим технічним вимогам і може бути рекомендована для використання в електроприводах насосних установках систем кондиціювання повітря.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Analysis of Electric Machinery and Drive Systems, Second Edition, by Krause, Wasynczuk, Sudhoff. IEEE Press / Wiley Inter-Science, West Lofayette, Indiana November 2001. Page-632.

УДК 621.313

АВАРІЙНЕ ВОДОПОСТАЧАННЯ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Корольов А. О., аспірант, e-mail: andrey.korolew.3497@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Водопостачання сільськогосподарських підприємств зазвичай здійснюється від однієї загальної системи. При цьому дублюючі системи водопостачання зазвичай не створюються, що негативно позначається на технологічних процесах ферми, продуктивності та здоров'ї тварин, а також на працездатності обслуговуючого персоналу.

Найбільш поширеною причиною порушення роботи системи водопостачання є припинення централізованого електроживлення. Залежно від типу систем водопостачання та виду тваринницьких ферм, потужність насосів коливається в межах від 4 до 25 кВт, напругою 380 В. Тому однією з важливих умов безперебійного водопостачання є резервування електроживлення, яке було б здатне забезпечити роботу системи при відключенні централізованого електропостачання.

Для аварійного електроживлення використовуються: мережеве резервування електропостачання по двох повітряних лініях; місцеві, у тому числі дизельні електростанції для всього електроустаткування господарства; автономні електроагрегати для аварійного електроживлення відповідальних елементів технологічного устаткування.

Живлення насоса від генератора забезпечує автономність водопостачання, тривалу безперервну роботу, можливість роботи в місцях без електромереж, а також надійність та стабільність напруги живлення. Номінальна потужність генератора дизельної електростанції має забезпечувати можливий пуск асинхронного короткозамкненого електродвигуна відповідального електроустаткування найбільшої потужності, тому що пусковий струм таких двигунів у 5–7 разів перевищує номінальний. При цьому слід мати на увазі, що дизельні електроагрегати забезпечують надійний пуск прямим включенням електродвигуна, потужністю не більше 50–70 % від номінальної потужності генератора. При пуску найбільшого електродвигуна, генератор повинен працювати на холостому ході, а навантаження електродвигуна не повинно перевищувати 30 % від номінального. При невиконанні цих умов необхідно вибирати потужність електростанції на 40–60 % більше сумарної встановленої потужності всіх споживачів.

Втрата напруги на затискачах електродвигуна в момент пуску не повинна перевищувати 40 % від номінальної, при цьому напруга на затисканнях будь-якого з працюючих електродвигунів, що живляться від цього ж електроагрегату не повинна знижуватися більш ніж на 20 %. Для полегшення пуску потужного асинхронного двигуна, від генератора сумірної потужності, необхідно підключати його до дизельної електростанції на холостому ходу або з мінімальним навантаженням. Однак найбільш ефективним вирішенням зазначеної проблеми є частотний запуск асинхронного двигуна. Частотне управління асинхронним електроприводом, що живиться від дизель-генератора, реалізується шляхом зміни частоти обертання генератора і струму його збудження, для стабілізації тиску в системі водопостачання. Зміна частоти обертання валу генератора досягається зміною подачі дизельного палива. З цією метою в конструкцію регулятора частоти обертання двигуна внутрішнього згоряння пропонується ввести спеціальний коригувальний пристрій, який в залежності від зміни тиску в системі водопостачання буде змінювати частоту обертання валу дизель-генератора.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

2. Драганов Б. Х., Іщенко В. В., Шеліманова О. В. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 230 с.

УДК 621.313:631.362

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗЕРНОСУШАРКИ

Костенко А. С., студент, e-mail: zdrocandriy13@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Міленін Д. М.
Державний біотехнологічний університет

У сучасному аграрному виробництві процес післязбиральної обробки зерна, зокрема сушіння, є одним із ключових етапів забезпечення його якості та збереження. Шахтні зерносушарки широко застосовуються завдяки високій продуктивності та ефективності, при цьому важливу роль у їх роботі відіграють транспортуючі механізми, зокрема шнекові транспортери, які забезпечують рівномірну подачу зерна.

Електроприводи шнекових транспортерів працюють в умовах змінного навантаження, що зумовлено неоднорідністю сипкого матеріалу, зміною вологості зерна та режимів роботи сушарки. Використання нерегульованих електроприводів призводить до перевитрат електроенергії, підвищених механічних навантажень та зниження надійності обладнання.

Удосконалення системи керування електропривода передбачає впровадження частотно-регульованого керування асинхронними двигунами, що дозволяє плавно змінювати швидкість транспортування зерна відповідно до технологічних потреб. Це забезпечує стабільність подачі матеріалу, зменшення пускових струмів та зниження динамічних навантажень на механізми.

Особливістю роботи шнекових транспортерів є необхідність узгодження їх продуктивності з іншими елементами зерносушарки, зокрема зони нагріву та вентиляції. Використання автоматизованих систем керування дозволяє синхронізувати роботу окремих вузлів, що підвищує ефективність сушіння та запобігає перевантаженню обладнання.

Для дослідження роботи електропривода доцільним є застосування математичного моделювання, що дозволяє оцінити динамічні режими, вплив навантаження та ефективність алгоритмів керування. Це дає можливість оптимізувати параметри системи та забезпечити її стабільну роботу.

Додатково впровадження сучасних систем керування забезпечує можливість автоматичного контролю технологічних параметрів, таких як продуктивність транспортування та завантаження обладнання. Це підвищує точність керування процесом сушіння та зменшує вплив людського фактора.

Особливу увагу доцільно приділити аналізу механічного навантаження шнекового транспортера, яке має нелінійний характер і залежить від ступеня заповнення, фізико-механічних властивостей зерна та умов його переміщення. Застосування частотно-регульованого електропривода дозволяє адаптувати швидкість обертання шнека до поточних умов роботи, забезпечуючи оптимальний режим транспортування, зменшення перевантажень електродвигуна та запобігання аварійним ситуаціям, таким як заклинювання або перевантаження механізму.

Застосування частотно-регульованого електропривода шнекового транспортера дозволяє знизити енергоспоживання, підвищити надійність роботи обладнання та покращити якість технологічного процесу сушіння зерна, що є важливим фактором підвищення ефективності аграрного виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Chapman S.J. Electric Machinery Fundamentals. New York: McGraw-Hill, 2012. 688 p.

УДК 621.313.3

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТПН-АД ІЗ СПР, МОДАЛЬНИМ РЕГУЛЯТОРОМ І СПОСТЕРІГАЧЕМ СТАНУ

Котига В. О., бакалавр, e-mail: Vitalii.Kotyha@ieee.khpi.edu.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Тукалов І. О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Модернізація технологічного устаткування у даний час базується на переході від нерегульованих електроприводів до систем з різними керованими джерелами енергії, наприклад тиристорний перетворювач напруги – асинхронний двигун (ТПН-АД). Це дозволяє забезпечити плавний пуск та гальмування механізму, знизити динамічні перевантаження у кінематичному ланцюгу, зменшити витрати електроенергії не змінюючи встановлений двигун та механічну частину. Тому задача є актуальною.

Мета дослідження – проєктування та дослідження електропривода ТПН-АД для модернізації механізму з двигуном МТН312-8 ($P_н$=13 кВт; $U_н$=380 В; $I_н$=34,7 А; $n_н$=690 об/хв; $cos\varphi$=0,73), перетворювачем ТСУР2126У3, системами підпорядкованого регулювання (СПР) та паралельної корекції з модальним регулятором (МР) і спостерігачем стану.

Основні матеріали досліджень. Проєктування ТПН потребує розрахунку його регулювальних характеристик, яке можливо лише чисельними методами як функцій кута управління α та зсуву фази струму φ. Ці характеристики для першої гармоніки напруги U_{m1}^* у відносних одиницях були отримані за методикою [1]. Вони наведені на рис. 1.

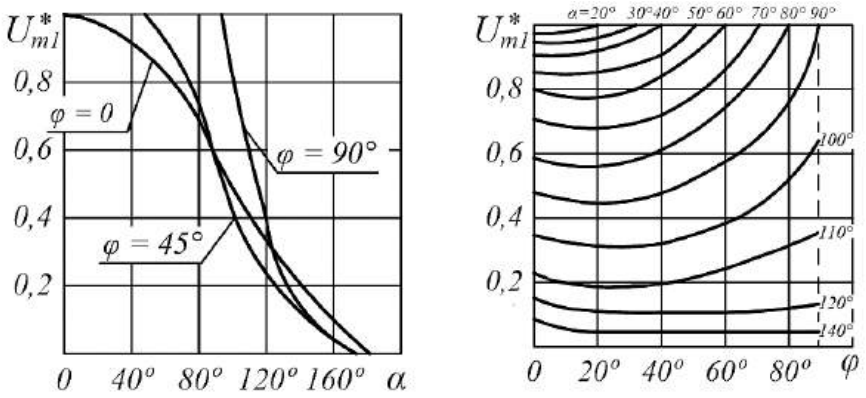


Рисунок 1 – Регулювальні характеристики системи ТПН-АД

Синтез і налаштування регуляторів та спостерігача виконані за рекомендаціями [2]. Симуляційні дослідження різноманітних режимів проведені в MATLAB/Simulink для обох систем ТПН-АД з СПР і МР, включаючи застосування спостерігача стану.

Висновок. Проведений аналіз отриманих перехідних процесів підтвердив ефективність модернізації існуючих електроприводів. Подальший розвиток досліджень планується у напрямку застосування перетворювачів частоти з широтно-імпульсною модуляцією і векторним керуванням, оскільки їхня ціна для невеликих потужностей істотно знизилася.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тукалов І. О., Кунченко Т. Ю. Елементи автоматизованого електропривода. Частина перша. Керовані перетворювачі електричної енергії для електроприводів: навч.-метод. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. 204 с.

2. Акімов Л. В., Коліушко Д. Г., Тукалов І. О. Дослідження систем підпорядкованого регулювання, модального управління, спостерігача стану і оптимального управління для електропривода ТПН-АД: навч.-метод. посіб. Харків: НТУ «ХПІ», 2004. 48 с.

УДК 621.65

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ ШЛЯХОМ ВИБОРУ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ

Котенко О. С., магістр, e-mail: kotenkosacha@gmail.com
Науковий керівник – доц. Сотнік О. В.
Державний біотехнологічний університет

У більшості існуючих систем зрошення використовуються асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором, які працюють із постійною швидкістю обертання. Регулювання продуктивності при цьому здійснюється шляхом дроселювання або байпасування. Основними недоліками такого підходу є: значні гідравлічні втрати; перетворення корисної енергії у теплову; робота двигуна у неекономічних режимах; зниження ресурсу обладнання.

Перехід до оптимізації режимів роботи насосної станції зумовлений необхідністю зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності використання обладнання в умовах змінного навантаження. Це потребує визначення таких параметрів роботи системи, які забезпечують мінімальні енергетичні витрати при дотриманні заданих технологічних вимог.

Метою оптимізації є мінімізація енергоспоживання при забезпеченні необхідних технологічних параметрів. Цільова функція:

$$\min W = \int_0^T P(t)dt \qquad (1)$$

де W – загальна спожита електрична енергія за час роботи;

P (t) – миттєва потужність у момент часу t.

При цьому треба забезпечити: задану витрати або тиску; допустимі режими роботи обладнання; обмеження струму та швидкості двигуна; стабільність роботи системи. Раціональні параметри роботи повинні включати: оптимальну частоту обертання; режим запуску та зупинки; розподіл навантаження між насосами; вибір робочої точки на характеристиці насоса.

Застосування перетворювачів частоти дозволить: знизити енергоспоживання на 20–50 %; забезпечити плавний пуск двигуна; зменшити пускові струми; підвищити ресурс обладнання. Регулювання швидкості дозволяє уникнути дроселювання, що є основним джерелом втрат у традиційних системах. Особливо ефективним є використання частотного керування у системах із змінним графіком споживання води, характерним для зрошення.

До основних параметрів, які підлягають оптимізації, належать: частота обертання електродвигуна; кількість працюючих насосів; робоча точка насоса; тиск у системі. Раціональний вибір цих параметрів базується на: аналізі навантажувальних графіків; характеристиках обладнання; умовах експлуатації. Застосування оптимізаційних методів (лінійного програмування, евристичних алгоритмів) дозволяє знайти найкращі режими роботи системи.

Практичні дослідження показують, що впровадження оптимальних режимів роботи насосних станцій дозволяє: знизити споживання електроенергії на 30–40 %; підвищити коефіцієнт корисної дії системи; зменшити експлуатаційні витрати; збільшити термін служби обладнання. Ефект особливо помітний у системах з нерівномірним водоспоживанням.

Підвищення енергоефективності насосних станцій для зрошення є важливим напрямом розвитку сучасних аграрних систем. Основним шляхом досягнення цієї мети є вибір раціональних параметрів роботи на основі математичного моделювання та оптимізації. Застосування частотно-регульованого електропривода дозволяє значно знизити енергоспоживання, підвищити надійність роботи системи та забезпечити економічну ефективність експлуатації. На сучасному етапі актуальним напрямом досліджень є розробка та впровадження інтелектуальних систем керування насосними станціями, що базуються на використанні сучасних методів оптимізації, математичного моделювання та алгоритмів адаптивного управління з метою підвищення енергоефективності та надійності функціонування систем водопостачання.

УДК 66.047:621.313:534.1

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИВІД ВІБРАЦІЙНОЇ СУШАРКИ

Котляр Т. А., магістр ННІ ЕАЕ, e-mail: tymofii_kotliar@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Червінський Л. С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сушіння дисперсних матеріалів (порошків, гранулятів, зерна, подрібненої деревини, хімічних та харчових продуктів) є одним із найважливіших етапів технологічних процесів у багатьох галузях промисловості: енергетиці, харчовій, фармацевтичній, хімічній, будівельній та деревообробній. Традиційні сушильні установки (барабанні, камерні, конвективні) часто характеризуються високою енергоємністю, нерівномірністю сушіння та значними втратами тепла, що зумовлює необхідність пошуку більш ефективних технологічних рішень.

У цьому контексті *електромагнітні вібраційні сушарки* набувають особливої актуальності, оскільки поєднують інтенсивне перемішування матеріалу, високий коефіцієнт тепло- та масообміну і відносно низьке енергоспоживання. Застосування вібраційного транспортування шару матеріалу дозволяє зменшити тривалість сушіння; підвищити інтенсивність тепло- та масообміну і при цьому знизити питомі витрати енергії.

Електромагнітний вібраційний привід має такі переваги відсутність складних механічних передач, а також можливість плавного регулювання амплітуди коливань.

Структурна схема вібраційної електромагнітної сушарки

Матеріал із бункера надходить у вібраційну сушильну камеру, де під дією електромагнітних коливань вібратора утворюється розпушений шар. Через цей шар проходить нагріте повітря, яке інтенсивно відбирає вологу. Волога відводиться з камери, а висушений матеріал транспортується до вузла вивантаження.

Електромагнітні приводи легко інтегруються у *системи автоматичного керування*, що дозволяє регулювати частоту коливань; оптимізувати режим сушіння; підтримувати стабільні технологічні параметри, маючи при цьому високу надійність і довговічність установки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Shilov V. A., and Ivanov V. I. Electromagnetic vibration drives in technological equipment. *Procedia Engineering*. 2018. Vol. 206. P. 1462–1467. doi:10.1016/j.proeng.2017.10.681.

2. Zhang X., Xia X., and Wang Y. Dynamic modeling and control of electromagnetic vibratory feeders. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 123456–123467. doi:10.1109/ACCESS.2020.3000000.

УДК 631.22:621.313

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ СИСТЕМИ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ ТЕПЛОВОДОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОЇ ФЕРМИ

Кондрашов В. С., студент, e-mail: kondrashovv@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

В умовах сучасного розвитку агропромислового комплексу України особливої актуальності набуває підвищення ефективності енергоспоживання та автоматизації технологічних процесів у тваринництві. Одним із ключових напрямів є вдосконалення систем тепло- та водопостачання, які забезпечують оптимальні умови утримання тварин. Важливу роль у цьому відіграють електроприводи насосних та циркуляційних установок, від надійності та ефективності яких залежить стабільність функціонування всієї інженерної інфраструктури ферми.

Традиційні системи електроприводу, що працюють у нерегульованому режимі, характеризуються значними енергетичними втратами, низькою гнучкістю та обмеженими можливостями адаптації до змінних режимів роботи. Використання регульованого електропривода дозволяє забезпечити плавну зміну швидкості обертання електродвигуна залежно від поточних потреб системи тепло- та водопостачання. Це особливо важливо в умовах нерівномірного споживання води та теплової енергії протягом доби.

Система регульованого електропривода зазвичай включає асинхронний електродвигун, перетворювач частоти, систему керування та датчики технологічних параметрів. Завдяки застосуванню частотного регулювання досягається оптимізація режимів роботи насосів, зменшення гідравлічних втрат та зниження споживання електроенергії. Крім того, забезпечується зменшення пускових струмів, що позитивно впливає на ресурс обладнання та стабільність електричної мережі.

Використання регульованого електропривода у системах водопостачання дозволяє підтримувати стабільний тиск у трубопроводах незалежно від зміни витрати води. Це досягається шляхом автоматичного регулювання частоти обертання насоса на основі сигналів від датчиків тиску або витрати. У системах теплопостачання аналогічний підхід застосовується для регулювання швидкості циркуляції теплоносія, що забезпечує рівномірний розподіл тепла та підтримання оптимального температурного режиму [1].

Застосування таких систем сприяє значному підвищенню енергоефективності, оскільки споживана потужність насосів залежить від куба швидкості їх обертання. Таким чином, навіть незначне зменшення швидкості призводить до суттєвої економії електроенергії. Крім того, автоматизація процесів дозволяє зменшити вплив людського фактору та підвищити надійність роботи системи.

Особливу увагу при розробці системи регульованого електропривода необхідно приділяти вибору параметрів обладнання, алгоритмів керування та засобів захисту. Важливими є питання електромагнітної сумісності, надійності роботи в умовах підвищеної вологості та запиленості, характерних для тваринницьких ферм. Також необхідно враховувати вимоги до безперервності роботи систем, оскільки порушення водо- або теплопостачання може негативно вплинути на стан тварин.

Таким чином, розробка системи регульованого електропривода для тепло- та водопостачання тваринницької ферми є важливим інженерним завданням, спрямованим на підвищення енергоефективності, надійності та автоматизації технологічних процесів. Впровадження таких систем дозволяє не лише зменшити експлуатаційні витрати, але й забезпечити стабільні умови утримання тварин, що безпосередньо впливає на продуктивність тваринництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрієнко В. М. Електропривод і системи керування. Київ: Ліра-К, 2021.

УДК 621.313:631.563

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ЗЕРНОСХОВИЩА НА ОСНОВІ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Крестінін К. В., студент, e-mail: krestinin@meta.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Міленін Д. М.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах аграрного виробництва важливим завданням є забезпечення належних умов зберігання зерна, що безпосередньо впливає на його якість та збереження. Одним із ключових факторів є ефективна вентиляція зерносховищ, яка забезпечує підтримання оптимальних параметрів температури та вологості, запобігає розвитку мікроорганізмів і самозігріванню зернової маси. У зв'язку з цим підвищення ефективності роботи вентиляційних систем є актуальною науково-технічною задачею.

Вентиляційні установки зерносховищ оснащуються електроприводами, серед яких найбільш поширеними є асинхронні електродвигуни завдяки їх надійності, простоті конструкції та економічності. Проте традиційні способи керування не забезпечують оптимального режиму роботи, що призводить до перевитрат електроенергії та зниження ефективності процесу вентиляції.

Застосування асинхронного електроприводу з можливістю регулювання швидкості обертання вентилятора дозволяє адаптувати продуктивність системи до поточних умов зберігання зерна. Це забезпечує більш рівномірний розподіл повітряного потоку, зменшення енергоспоживання та підвищення ефективності вентиляції.

Для дослідження роботи електроприводу доцільним є використання методів математичного моделювання, що дозволяє аналізувати динамічні режими, пускові процеси та зміну навантаження. Це дає можливість обґрунтувати вибір параметрів електроприводу та оцінити ефективність його роботи в різних умовах експлуатації.

Додатковою перевагою застосування регульованого електроприводу є можливість автоматизації процесу вентиляції зерносховища. Використання датчиків температури та вологості дозволяє реалізувати систему автоматичного керування, яка забезпечує підтримання оптимальних умов зберігання зерна в режимі реального часу. Це сприяє зменшенню впливу людського фактора та підвищує стабільність функціонування вентиляційної системи.

Крім того, використання сучасних електроприводів дозволяє знизити механічні навантаження на обладнання вентилятора за рахунок плавного пуску та регулювання швидкості обертання. Це забезпечує зменшення зносу підшипників та інших елементів, підвищує надійність роботи системи та знижує витрати на технічне обслуговування. У результаті досягається підвищення економічної ефективності експлуатації зерносховища в цілому.

Упровадження сучасних систем електроприводу вентиляційних установок зерносховищ дозволяє підвищити надійність роботи обладнання, зменшити втрати зерна під час зберігання та забезпечити енергоефективність технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ключев В. І. Теорія електропривода: підручник. Київ: Вища школа, 2003. 512 с.
2. Костенко М. П., Піотровський Л. М. Електричні машини: підручник. Київ: Вища школа, 2004. 680 с.

УДК 621.313:621.67

АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НЕДОЛІКІВ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ВІДЦЕНТРОВИХ МАШИН ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

Курдяєв О. І., аспірант, e-mail: looperook@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Сотнік О. В
Державний біотехнологічний університет

Відцентрові машини (ВМ) (насоси, вентилятори, компресори) належать до основних споживачів електричної енергії (ЕЕ) в промисловості, аграрному секторі та системах життєзабезпечення. За сучасними оцінками, електроприводи забезпечують понад 50 % світового електроспоживання, при цьому значну частку формують саме системи з відцентровими навантаженнями. У промисловості їх частка може досягати 30–40 % загального енергоспоживання підприємств.

У контексті глобального енергетичного переходу, орієнтованого на підвищення енергоефективності та зниження викидів парникових газів, оптимізація режимів роботи електроприводів (ЕП) набуває ключового значення. В Україні актуальність цієї проблеми посилюється високою енергоємністю економіки, зношеністю електромеханічного обладнання та необхідністю підвищення енергетичної стійкості в умовах обмежених ресурсів.

Традиційні ЕП ВМ характеризуються недостатнім рівнем енергоефективності, що зумовлено використанням нерегульованих асинхронних двигунів (АД), нераціональними способами регулювання продуктивності та відсутністю сучасних систем керування. Це призводить до значних втрат ЕЕ та неефективного використання встановленої потужності.

Підвищення енергоефективності ЕП ВМ є актуальним науково-технічним завданням, вирішення якого має важливе значення для забезпечення енергетичної ефективності та сталого розвитку як на глобальному, так і на національному рівнях.

Характерною особливістю відцентрових машин є залежності основних параметрів від швидкості обертання робочого колеса (так звані закони подібності): витрата: $Q \sim n$; напір: $H \sim n^2$; потужність: $P \sim n^3$.

Це означає, що навіть незначне зниження швидкості обертання приводить до суттєвого зменшення споживаної потужності. Однак у більшості традиційних систем регулювання продуктивності застосовуються дроселювання або байпасування, які не змінюють швидкість обертання електродвигуна та призводять до значних втрат енергії.

Основними недоліками ЕП ВМ є:

1. Використання нерегульованих ЕП. Найбільш поширеним рішенням є застосування АД із короткозамкненим ротором без регулювання швидкості. Такий підхід зумовлює роботу приводу на номінальній швидкості незалежно від фактичної потреби технологічного процесу, що призводить до надлишкового енергоспоживання, зниження коефіцієнта завантаження та функціонування у неекономічних режимах.

2. Регулювання продуктивності дроселюванням. У традиційних системах регулювання продуктивності широко застосовується дроселювання або байпасування. Зазначені методи не передбачають зміни швидкості обертання електродвигуна (ЕД) і супроводжуються значними гідравлічними втратами, перетворенням корисної енергії у теплову та зниженням загального коефіцієнта корисної дії (ККД) системи.

3. Робота у режимах часткового навантаження. Експлуатація ЕД у режимах часткового навантаження є типовою для відцентрових машин. Це призводить до зниження ККД та коефіцієнта потужності, зростання електричних втрат у сталі та обмотках, а також неефективного використання встановленої потужності.

4. Пускові режими. Прямий пуск АД характеризується значними пусковими струмами (у 5–7 разів більшими за номінальні) та динамічними навантаженнями. Це спричиняє додаткові втрати ЕЕ, перевантаження мережі та прискорене зношування обладнання.

5. Недостатній рівень автоматизації. Відсутність або обмеженість автоматизованих систем керування не забезпечує адаптацію режимів роботи ЕП до змінних умов навантаження, що обумовлює роботу у нераціональних режимах та перевитрати ЕЕ.

6. Невідповідність параметрів ЕД навантаженню. Застосування ЕД із надлишковим запасом потужності призводить до їх роботи у зоні зниженого ККД, збільшення втрат холостого ходу та загального зростання енергоспоживання.

7. Механічні та гідравлічні втрати. До основних факторів зниження ефективності належать втрати на тертя, гідравлічний опір трубопроводів, турбулентність потоку та кавітаційні явища, які істотно впливають на енергетичні показники системи.

8. Використання застарілого обладнання. Експлуатація ЕД застарілих серій характеризується зниженим ККД, підвищеними втратами та відсутністю сучасних енергозберігаючих рішень.

Узагальнюючи наведені недоліки ЕП ВМ, слід зазначити, що їх сукупний вплив проявляється у зростанні непродуктивних витрат ЕЕ та зниженні загальної ефективності функціонування системи. Це обумовлює необхідність детального аналізу структури та джерел енергетичних втрат в ЕП.

Втрати енергії в ЕП ВМ доцільно класифікувати на електричні (у двигуні та мережі), механічні (тертя, підшипники), гідравлічні (опір системи) та втрати, пов’язані з неефективними методами керування. Сумарні втрати можуть досягати 30–50 % від споживаної ЕЕ.

Аналіз структури та джерел енергетичних втрат в ЕП ВМ обумовлює необхідність їх кількісної оцінки на основі системи показників енергоефективності. Оцінка енергоефективності електроприводів здійснюється за такими показниками: ККД, коефіцієнт потужності (cos φ), коефіцієнт завантаження, питомі витрати ЕЕ та рівень сумарних втрат. Комплексний аналіз цих параметрів дозволяє визначити ефективність функціонування системи та виявити резерви енергозбереження.

Основними чинниками низької енергоефективності електроприводів відцентрових машин є використання нерегульованих приводів, неефективні способи регулювання та значні енергетичні втрати у системі. Підвищення енергоефективності забезпечується впровадженням частотно-регульованих приводів, застосуванням електродвигунів високих класів енергоефективності (IE3–IE4), використанням сучасних систем керування та оптимізацією параметрів системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. International energy agency. Energy efficiency 2024. Paris: IEA, 2024. URL: https://www.iea.org/reports/energy-efficiency-2024 (дата звернення: 29.03.2026).

2. Інститут енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Енергоефективність електроприводів та електромеханічних систем. Київ, 2023. URL: https://energy.kpi.ua/uk/node/136 (дата звернення: 30.03.2026).

УДК 621.313:631.22

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ПТАХОФЕРМИ

Ладур В. І., студент, e-mail: Vl460704@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Міленін Д. М.
Державний біотехнологічний університет

У технологічних процесах птахівництва система водопостачання є критично важливою складовою, що безпосередньо впливає на умови утримання птиці та її продуктивність. Забезпечення стабільної подачі води з необхідними параметрами тиску та витрати визначає ефективність функціонування виробничих процесів. Вода використовується як для напування, так і для регулювання мікроклімату, санітарного обслуговування та охолодження технологічного обладнання. Порушення режимів роботи насосних установок або їх низька енергоефективність призводять до дестабілізації технологічних процесів і зниження економічної ефективності виробництва.

Насосні станції систем водопостачання птахоферм оснащуються електроприводами, серед яких найбільш поширеними є асинхронні двигуни. Вони характеризуються високою надійністю та простотою експлуатації, проте робота у нерегульованих режимах часто супроводжується перевитратами електроенергії та не відповідає змінним потребам водоспоживання.

Підвищення енергоефективності досягається за рахунок впровадження систем керування електроприводом із регулюванням швидкості обертання насосів. Це дозволяє адаптувати подачу води до фактичного споживання, забезпечувати стабільний тиск у системі та уникати перевантажень обладнання. Використання частотного регулювання також сприяє зменшенню пускових струмів і зниженню втрат енергії.

Особливістю систем водопостачання птахоферм є нерівномірність навантаження протягом доби, що пов’язано з режимами напування та технологічними процесами. У зв’язку з цим доцільним є застосування автоматизованих систем керування, які забезпечують підтримання заданих параметрів тиску та витрати в режимі реального часу.

Для дослідження роботи електропривода використовуються методи математичного моделювання, що дозволяють оцінити динамічні характеристики системи, режими пуску та зміну навантаження. Це дає можливість оптимізувати параметри керування та підвищити ефективність функціонування насосної станції.

Впровадження енергоефективних електроприводів у системах водопостачання птахоферм дозволяє знизити споживання електроенергії, підвищити надійність роботи обладнання та зменшити експлуатаційні витрати.

Додатковою перевагою є можливість інтеграції електроприводів у загальну систему автоматизації ферми. Використання датчиків тиску, рівня та витрати забезпечує формування замкнених систем керування, що дозволяє оперативно реагувати на зміну умов та підвищує ефективність технологічного процесу.

Застосування регульованих електроприводів також сприяє зменшенню механічного зносу насосного обладнання, що подовжує термін його експлуатації та знижує витрати на обслуговування. У результаті досягається комплексне підвищення енергоефективності та надійності системи водопостачання птахоферми.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bose B.K. Modern Power Electronics and AC Drives. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002. 738 p.

2. Siemens AG. Energy Efficient Drive Systems for Water Supply. URL: https://www.siemens.com

УДК 631.369

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ КОРМІВ ЗА РАХУНОК УПРОВАДЖЕННЯ МОЛОТКОВОЇ ДРОБАРКИ ВДОСКОНАЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

Максаков І. Р., бакалавр, e-mail: ivanmacsakovv@icloud.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Основними компонентами кормових сумішей для ВРХ є грубі стеблові корми, споживання яких, в значній мірі залежить від якості підготовки до згодовування. У процесі переробки важливе місце займає подрібнення, оскільки є найбільш енергоємною операцією. Аналіз конструкцій дробарок кормів показав, що для зниження енергоємності, металоємності та підвищення якісних показників технологічного процесу, подрібнювач повинен мати наступні характеристики: по конструкції дробарка має бути відкритого типу з горизонтальним валом; за способом подачі матеріалу краще використовувати гравітаційну подачу в подрібнювальну камеру; у камері слід використовувати робочий орган із пакетом дисків, оснащених елементами молотково-сегментного типу з протиріжучими деками сегментного типу; спосіб відведення подрібненого матеріалу примусовий, за рахунок повітряного потоку подрібнювального барабана. З нашої точки зору максимально відповідає цим вимогам подрібнювач стеблових кормів представлений на рисунку 1.

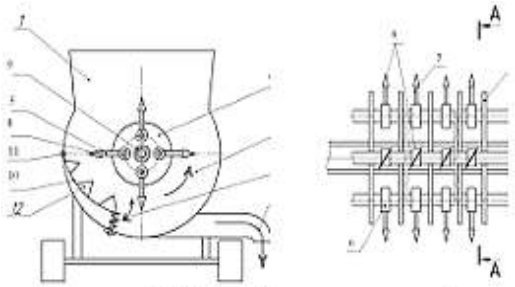


Рисунок 1- Подрібнювач кормів

Подрібнювач складається з корпусу 1, який виконаний у вигляді бункера 2, з розвантажувальним пристроєм 3 та обертовим диском 4 з робочими подрібнювальними органами 5, які встановлені кільцевими рядами. Кожний подрібнювальний орган виконаний у вигляді циліндричної втулки 6 зі штоком 7, у верхній частині якого жорстко закріплений зубчастий ріжучий елемент 8. Протирізальний орган 9 виготовлений у вигляді пружної деки з протирізальними сегментами 10, які однією стороною закріплені шарніром 11 на бічній стінці корпусу 1, за допомогою підпружиненої шпильки 12. Конструктивно є можливість змінювати зазор між зубчастими ріжучими органами і протирізальними сегментами 10, для зміни довжини матеріалу різання.

Подрібнення починається з того, що компоненти кормосуміші подаються через корпус 1 в бункер 2. Сировина затягується подрібнювальними робочими органами 5, які оснащені зубчастими ріжучими елементами 8. При обертанні робочого органу 5, частинки матеріалу попадають на пружні сегменти 10 і зубчастими ріжучими елементами 8, подрібнюються в залежності від орієнтації стебел в бункері 2. Подрібнений матеріал, за допомогою повітряного потоку, створений робочим органом, який виконаний з набору дисків 4, переміщується через розвантажувальний пристрій 3 в кормушки тваринам. За допомогою пружної шпильки 12 здійснюється регулювання ступеня подрібнення матеріалу, шляхом зміни зазору між протирізальними сегментами 10 та подрібнювальними органами. Для запобігання пошкодження подрібнювальних робочих органів 5, через можливе попадання механічних домішок, вони закріплені на дисках 4 шарнірно. Запропонована дробарка, порівняно з іншими відомими аналогами, має наступні переваги: низька енергоємність процесу подрібнення; висока якість подрібнення; додатковий повітряний потік в подрібнювальній камері та розвантажувальному пристрої покращує розвантаження.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Машини та обладнання для тваринництва: підручник / І. І. Ревенко, М. В. Брагінець, В. С. Хмельовський, В. І. Ребенко, О. О. Заболотько, С. Є. Потапова, О. М. Ачкевич, В. В. Радчук. Київ: ЦП «Компринт», 2018. 567 с.

УДК 621.87

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО КАБЕЛЮ ДЛЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ

Масюк С. П., бакалавр, e-mail: masjuks_p22@ukr.net
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Кабель для перетворювача частоти відіграє значну роль у ефективній та безпечній роботі асинхронного електропривода. Звичайні кабелі, які призначені для передачі змінного струму промислової частоти, не рекомендується використовувати з частотними перетворювачами, через ряд причин. Працюючи з високочастотними сигналами, струм витискається до поверхні провідника та збільшує його електричний опір, що призводить до додаткових втрат енергії. Частотні перетворювачі створюють високочастотні гармоніки, які можуть негативно впливати на роботу пристроїв у системі керування. Використання звичайних з'єднувачів може призвести до перегріву, через несумісність характеристик елементів схеми. В протяжній лінії відбувається інтерференція падаючих та відбитих хвиль, внаслідок чого виникають піки напруги, які значно вищі за напругу мережі живлення. Ці піки напруги призводять до передчасного старіння ізоляції обмоток асинхронного двигуна та кабелю, що може призвести до їх пробою.

Спеціально розроблені кабелі для частотно-керованого електроприводу відрізняються своїми технічними характеристиками від звичайних кабелів. Вони мають екранування для захисту від електромагнітних перешкод, які створюють перетворювач та інші джерела. Спеціальні дроти можуть короткочасно витримувати великі струми, що важливо для захисту мережі від перевантажень, а також забезпечують мінімальні втрати енергії під час передачі енергії для ефективної роботи системи. Проводи мають покращену ізоляцію та захист, що забезпечує їм тривалий термін служби навіть при інтенсивній експлуатації.

Вже розроблені та випускаються спеціальні кабелі для частотно-регульованого приводу з широтно-імпульсною модуляцією, так звані «VFD cables», які відрізняються конструкцією та властивостями від звичайних кабелів. В якості ізоляції використовується зшитий поліетилен, який має відмінні діелектричні властивості, а також корозостійкість, що дає йому перевагу в порівнянні зі стандартним поліетиленом або ПВХ. У кабелях застосовується екранування алюмінієвою або мідною оболонкою, яка забезпечує для високого частотного діапазону від 1 до 30 МГц значну перешкоду. Застосовується симетричне розташування жил, для заземлення в них використовуються оголені багатожильні мідні провідники, які розташовані у зовнішніх шарах конструкції кабелю.

У частотно-регульованих електроприводах насосних станцій, для водопостачання багатоповерхових житлових будинків, доцільно використовувати безгалогенний самозагасаючий кабель марки 2XSL(St)CY-J, з подвійним екраном. Він призначений для з'єднання електродвигунів та частотних перетворювачів, витримує помірне механічне навантаження, використовуються як для стаціонарної прокладки так і для гнучкого приєднання. Такий кабель можна прокладати як в сухих, так і в сирих приміщеннях, особливо там, де існує підвищена небезпека займання та заподіяння шкоди життю людини чи цінному майну. Ізоляція із зшитого поліетилену покращує електричні характеристики, в порівнянні зі стандартними кабелями з ПВХ ізоляцією і дає можливість передавати більшу потужність. Подвійний екран значно покращує електромагнітну сумісність з електроустаткуванням у будинках та на промислових підприємствах. Провід заземлення розділений на три жили, для вирівнювання навантажень та оптимізації зовнішнього діаметра.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Куценко Ю. М., Яковлєв В. Ф. Монтаж електрообладнання і систем керування: підручник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 348 с.

2. Інтеркабель. Кабельна продукція. URL: https://cable-ok.com.ua/katalog

УДК 631.331

ЗАСТОСУВАННЯ ДАТЧИКІВ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНОГО ТИСКУ В ЛАБОРАТОРНИХ СТЕНДАХ

Мельник В. І.[1], д.т.н., професор
Зеленський А. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія)
Зеленський О. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія)
Зеленський М. А.[2], здобувач СВО бакалавр
[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[2]Державний університет Люблінська Політехніка, м. Люблін, Польща

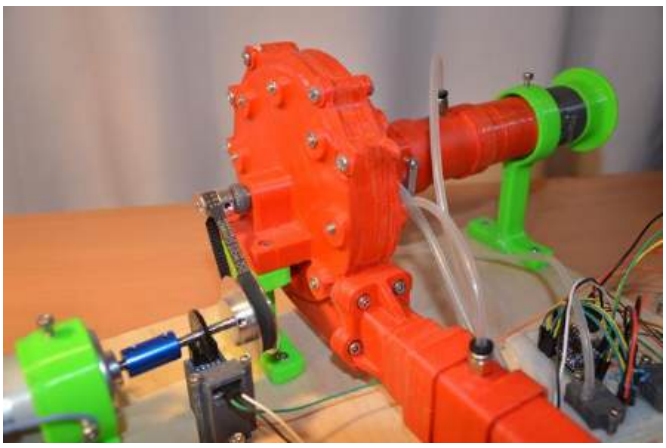
Анотація: Проведення дослідження характеристик повітряних потоків, створюваних відцентровими радіальними вентиляторами, використовуючи цифрові датчики диференціального тиску, побудованих на базі п'єзорезистивного крем'яного чутливого елемента. Оцінка отриманих даних у ході вимірювань за різних експлуатаційних умов, а також боротьба з шумами та викидами й перешкодами для отримання чіткості цифрового сигналу.

Ключові слова: відцентровий радіальний вентилятор, диференціальні датчики тиску, викиди, шум, фільтри.

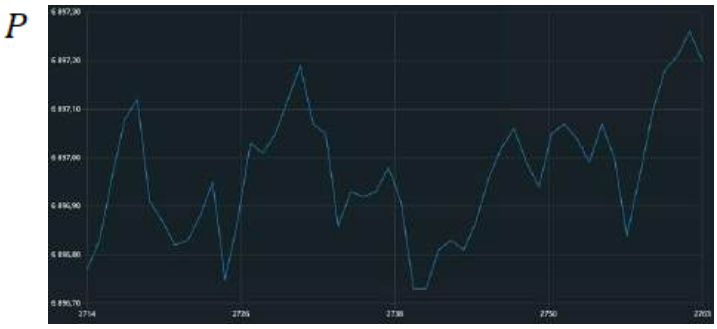
Розвиток пневматичної посівної техніки в сучасних умовах штовхає до поглибленого вивчення одного з важливих вузлів як відцентрового радіального вентилятора (ВРВ). Стабільна робота ВРВ сприяє виробленню постійних характеристик повітряного потоку для пневматичної системи та як наслідок підвищенню якості роботи висівних апаратів. Тому ще на етапі проектування та доведення конструкції ВРВ широкого поширення для вимірювань характеристик повітряних потоків набули диференціальні датчики вимірювання тиску. Такі датчики використовуються під час створення лабораторних стендів з вивчення роботи вентиляторів (рис. 1а). Мета дослідження – аналіз можливостей використання диференціальних датчиків тиску для проведення вимірювань характеристик повітряних потоків та подальша стабілізація отриманих показань. Предметом дослідження є метрологічні та експлуатаційні характеристики цифрових диференціальних датчиків, залежність точності вимірювань від зовнішніх факторів. Використовуючи сучасні методи порівняння та аналізу отриманих даних, сприяє оптимальному вибору способів апроксимації потоків вимірюваних значень дозволяє мінімізувати похибку при обчисленні витрати та швидкості потоку повітря.

У ході проведення випробувань, щодо аналізу поведінки потоків повітря в проточній частині відцентрового радіального вентилятора та трубопроводів нами було використано високоточні цифрові диференціальні датчики тиску високої роздільної здатності, що працюють по шині I^2C такі як (AMS 5915, 5525DSO, MS4515DO**)**, для аналізу параметрів повітряного потоку повітряної швидкості, температури та витрати повітря [1].

Під час проведення знімання параметрів було встановлено, що через високу чутливість та температурні наведення по живленню виникає шум і дрейф нуля. Було прийнято попрацювати з потоком даних та використати програмну апроксимацію і розглянути з якістю живлення лініями передачі даних SDA та SCL, щоб зменшити електромагнітні наведення та забезпечити стабільні 3,3 вольта, а також додатково керамічні конденсатори 0,1 і 10 мкФ для вирішення проблеми зі стрибаючими показаннями вимірювання (цифрами), а також використовували феритове кільце у вигляді пасивного фільтра біля мікроконтролера.



а



б

Рисунок 1: а – лабораторна установка для випробувань ВРВ;
б – крива зміни тиску повітря ***P***

Для ліній SDA та SCL використовували pull-up резистори номіналом 4,7 кОм, це підвищило якість сигналу. Розглядаючи сигнал, що отримується з датчиків, спостерігалося виникнення шумів та дрібних коливань (рис. 1б) [1]. Для усунення цієї поведінки було прийнято рішення застосувати усереднення ковзне середнє, що знизило дрібний шум, а потім застосували експоненційне згладжування, що дало більш плавну картину з утриманням форми сигналу. Також був застосований фільтр викидів. В механічному аспекті застосований жиклер, всередину силіконової трубки зробили вставку з металу з вузьким отвором, що обмежило швидкість зміни тиску, спрацювавши як фільтр низьких частот, а для боротьби з різкими стрибками тиску використовували між трубкою Піто й датчиком невелику ємність (такий же ефект можливо досягти збільшивши довжину трубопроводів), пневматичний конденсатор.

У ході проведення дослідження використано фільтр експоненційне ковзне середнє:

$$P_f = (1 - \alpha)\, P_{f,prev} + \alpha\, P_{f,new}, \#(1)$$

де P_f – нове згладжене значення, $P_{f,prev}$ – попереднє значення тиску, $P_{f,new}$ – поточний вимір, α – коефіцієнт (знаходиться в межах 0,05–0,20), чим менше значення, тим чистіший сигнал, але повільніша реакція на зміну швидкості, при великих значеннях на графіку виникатиме багато зубів та шуму [2, 3].

$$\alpha = \frac{2\pi \triangle t f_c}{2\pi \triangle t f_c + 1}, \#(2)$$

де f_c – частота зрізу від 2–5 Гц, кордон між корисним сигналом та шумом, $\triangle t$ – проміжок часу опитування датчика.

Перед вимірюванням проводили обов'язкове калібрування нуля при закритій трубці Піто, щоб уникнути накопиченої помилки, що призводить до виникнення додаткового шуму. Проводили температурну компенсацію так, як густина повітря змінюється від температури, а датчик при роботі віддає свою температуру, то обчислювали густину повітря за формулою:

$$\rho = \frac{P_{static}}{R(T + 273{,}15)}, \#(3)$$

де P_{static} – статичний тиск повітря 101325 Па або у нашому випадку брали з датчика тиску BMP280,

R – питома газова стала 287,058 $\frac{Дж}{кг \cdot К}$,

T – температура з датчика.

Розрахунок повітряної швидкості знаходили, використовуючи рівняння Бернуллі:

$$P = \frac{1}{2}\rho v^2, \#(4)$$

$$v = \sqrt{\frac{2|P_f|}{\rho}}$$

де P_f – тиск беремо по модулю через шуми, що виникають при досягненні P_f близько до нуля, що призводить до негативного значення тиску. При подальшому розв'язанні рівняння знак мінус повертаємо і приймаємо значення такої швидкості повітряного потоку дорівнює нулю. Отриманні дані дають можливість оцінити повітряний потік, який виникає під час роботи ВРВ.

Використовуючи диференціальні датчики вимірювання тиску при побудові лабораторних стендів для вимірювання параметрів роботи ВРВ, є ефективним інструментом для інтеграції у навчальні, наукові та дослідницькі роботи. Отримані вимірювання повітряного потоку дають змогу оцінити роботу різних конструкцій та проаналізувати ефективність пропонованих удосконалень робочого колеса. Для подальшого дослідження потрібно більше приділити увагу роботі фільтрів обробки даних, провести дослідження щодо ефективності використання медіанного фільтра, фільтра Калмана, режекторного фільтра та фільтра гістерезис, а також інших.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic. Fundamentals of Power Electronics. Third Edition. Springer, 2020. 1103 p.

2. Pletcher R. H., Tannehill J. C., Anderson D. Computational fluid mechanics and heat transfer. CRC Press, 2013. 741 p.

3. Frank M. White fluid mechanics (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education, 2016. 1023 p.

УДК 631.331

ВИКОРИСТАННЯ МОДУЛІВ LoRa ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ІЗ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ ДАТЧИКІВ ТИСКУ ПІД ЧАС ВИПРОБУВАНЬ ПНЕВМАТИЧНИХ СІВАЛОК ТОЧНОГО ВИСІВУ

Мельник В. І.[1], д.т.н., професор
Зеленський А. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія)
Зеленський О. П.[1], д-р філософії (механічна інженерія)
Зеленський М. А.[2], здобувач СВО магістр
[1]Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна
[2]Університет Марії Кюрі-Склодовської, м. Люблін, Польща

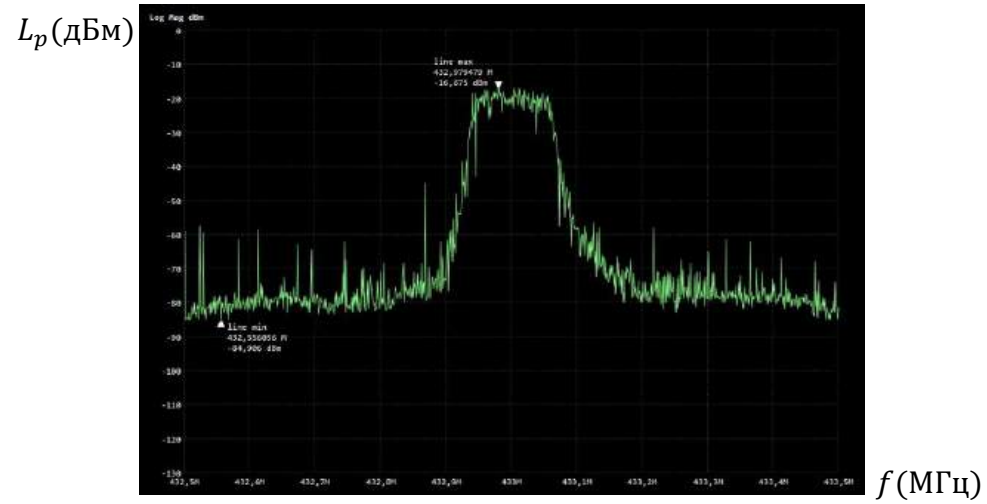
Анотація: Проведення дослідження характеристик радіосигналу з даними, отриманими від датчиків вимірювання тиску для отримання загальної характеристики роботи пневматичної системи сівалки точного висіву. Оцінка впливу конструкційних особливостей вимірювального модуля на якість сигналу, що передається до центрального модуля вимірюваної системи.

Ключові слова: сигнал, чистота ефіру, датчик, шум, модуль передавач, модуль приймач.

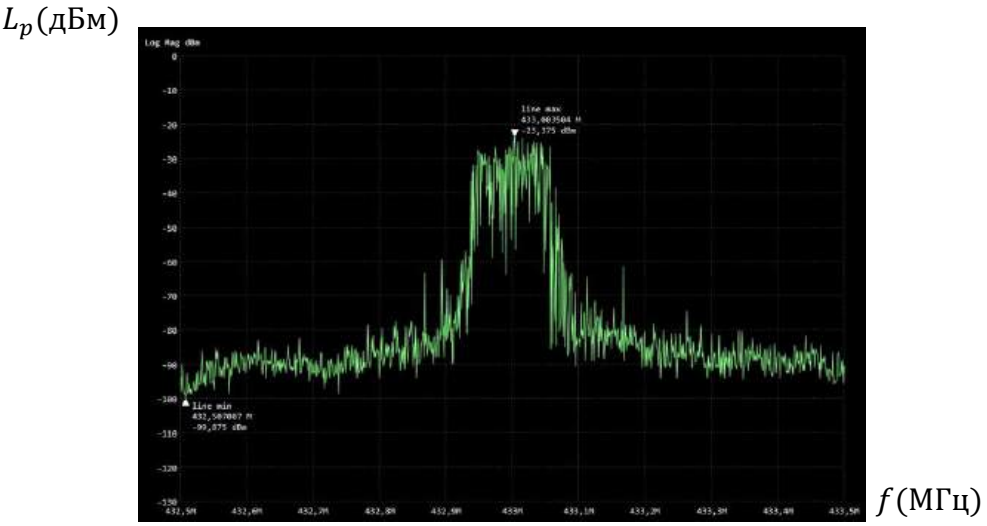
На основі стаціонарної системи використовуваної для аналізу характеристики роботи пневматичної системи сівалки точного висіву стоїть завдання щодо розробки завадостійкої системи дистанційного вимірювання диференціального тиску на базі датчиків AMS 5915, 5525DSO, MS4515DO. На основі стаціонарної системи використовуваної для аналізу характеристики роботи пневматичної системи сівалки точного висіву стоїть завдання щодо розробки завадостійкої системи дистанційного вимірювання диференціального тиску на базі датчиків використовуючи технології LoRa. Використовуючи розроблені автономні модулі обліку характеристик повітряного потоку, стоїть завдання провести оптимізацію як апаратної складової так і програмної складової для досягнення оптимальних характеристик передачі даних за допомогою радіо сигналу.

Мета дослідження – мінімізувати вплив цифрових шумів електронних компонентів на роботу LoRa модулів з мінімізацією втрати даних. Предметом дослідження є спектральні характеристики шуму, аналіз зменшення потужності через наведення електронних компонентів, способи збереження цілісності пакетів даних, що отримуються від датчиків тиску центральним модулем приймачем.

Для детальнішого проведення конструювання та технічного доведення пневматичної системи сівалки точного висіву запропоновано створити модульну систему вимірювання характеристик повітряного потоку, який заснований на принципі передачі потоку даних, що одержуються з датчиків тиску на центральний модуль збору інформації. Модульна система вимірювань і постобробка побудована на системі мікроконтролерів сімейства STM32, де модуль передавач побудований на платі STM32F103C8T6 з диференціальним датчиком тиску, модуль передачі даних LoRa Ra-2 і OLED дисплей підключений по шині I^2C, приймач базується на платі STM32F446RE з модулем LoRa Ra-2 та TFT дисплеєм, підключеним по шині SPI [1, 2]. Спектральний аналіз сигналу даних переданих від модуля вимірювання (передавача) до центрального модуля (приймача) обробки даних проводився в лабораторних умовах на стенді аналізу роботи відцентрового радіального вентилятора за допомогою спектрального аналізатора SeeSii TinySA ULTRA Plus. На стенді імітувалася робота пневматичної системи та процес вимірювання параметрів повітряного потоку, а також передача даних на відкритому радіоканалі з частотою 433 МГц. Отримано графік зміни рівня шуму сигналу початковий та після удосконалення системи вимірювання представлений на (рис. 1) залежність амплітуди (рівня потужності) від частоти сигналу.



а



б

Рисунок 1 – Спектральний графік зміни рівня шуму радіоканалу LoRa:
а – система початкова; б – система після вдосконалення

У ході проведення спектрального аналізу шуму представленого (рис. 1а) виміру рівень шуму підскочив до -84,9 дБм, що відповідає впливу роботи шини SPI TFT, У ході проведення спектрального аналізу шуму представленого (рис. 1а) виміру рівень шуму підскочив до -84,9 дБм, що відповідає впливу роботи шини, який працює по всьому діапазону 433 МГц, I^2C OLED дисплея виявився у вигляді піків (голок на спектрі) рівень – -60...-70 дБм на діапазоні частоти сигналу в діапазоні 432,5–432,8 МГц, а також робота процесора STM32F103 все це сприяє зниженню сигналу від передавача, тобто відбувається засліплення приймача LoRa [2, 3]. Спостерігається пік на частоті -16,9 дБм, відбувається спотворення форми корисного сигналу, що сприяє втрати даних з датчиків тиску й скорочення стійкої роботи системи на відстані. Здійснено вдосконалення системи, внесення конструктивних змін, виконано екранування поверхонь задніх панелей екранів, а також поверхонь сполучних шлейфів та додано феритове кільце на живлення (знижує високочастотні перешкоди). Збільшили довжину коаксіального кабелю підключення антени, додатково доопрацювали живлення модуля LoRa Ra-2 шляхом додавання конденсаторів. Програмним чином знизили частоту роботи SPI TFT на 10 МГц, частоту роботи LoRa налаштували на діапазон 432,8–433,4 МГц, скоротили оновлення дисплея на 50 мс. Результат змін структури сигналу подано (рис. 1б). На графіку спостерігається покращена трапеція модуляції, сигнал лежить у діапазоні 432,9–433,07 МГц з піковою потужністю -23,4 дБм,

рівень шуму знизився до -100 дБм, невеликі піки, що залишилися, характерні для роботи процесорів STM32. Проведено розрахунок відношення сигналу до шуму ($SNR_{\text{дБ}}$), щоб визначити можливість чистоту сигналу, що передається.

$$SNR_{\text{дБ}} = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_{\text{сигнал}}}{P_{\text{шуму}}}\right), \quad (1),$$

де $P_{\text{сигнал}}$ – потужність сигналу, $P_{\text{шуму}}$ – потужність шуму.

$$SNR_{\text{дБ}} = P_{\text{сигнал(м)}} - P_{\text{шуму(м)}} \quad (2),$$

де $P_{\text{сигнал(м)}}$ – потужність сигналу відносно 1мВт, $P_{\text{шуму(м)}}$ – потужність шуму відносно 1 мВт, або для зручності можна записати

$$SNR = L_{p(\text{сигнал})} - L_{p(\text{шуму})}, \quad (3)$$

$$L_p = 10 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right),$$

де P_0 – відповідає потужності сигналу 1 мВт (опорна потужність (референс)).

Отже, відношення сигналу до шуму (SNR) склало для модернізованої системи близько 77 дБм на відміну від початкової системи з (SNR) близько 68 дБм, що показує чистоту ефіру та сигнал має більш структуровану форму.

Висновок. На основі отриманих попередніх даних аналізу спектра сигналу вдосконаленої системи вимірювання гарантовано показує прийнятну якість передачі пакета даних. Подальший розвиток цієї системи можливий у поєднанні з проведенням польових випробувань під час роботи на полі в посівний період. Проведення спектрального аналізу роботи на великих відстанях в умовах ландшафту, що змінюється, і поверхні поля за різних погодних умов дасть більш наглядне розуміння якості системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Warren Gay. Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopencm3 and GCC. (1th ed.). Apress, 2018. 537 p.

2. Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic. Fundamentals of Power Electronics. Third Edition. Springer, 2020. 1103 p.

3. Muhammad Ali mazidi, Shujen Chen & Eshragh Ghaemi. STM32 Arm Programming for Embedded Systems: Using C Language with STM32 Nucleo. MicroDigitalEd, 2018. 378 p.

УДК 621.315.87

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Неласов С. В.[1], бакалавр, e-mail: s_nelasov_v@gmail.com
Городнійчук О. А.[2], магістр, e-mail: gorodniychuk2o@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.
[1] Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
[2] Державний біотехнологічний університет

На сьогоднішній день вважається, що модернізація насосного обладнання за допомогою заміни енергоємного обладнання, наприклад, електроприводу насоса, на регульований допоможе досягти мети енергозбереження [1, 2]. Запровадження та активний розвиток систем діагностики, обслуговування та візуалізації дозволить більш коректно та зручно управляти технологічними та контрольними процесами. Тому така тема є дуже актуальною на сьогоднішній день.

Насосна установка, що проектується, з врахуванням сучасних вимог агропромислового комплексу, повинна забезпечувати такі технічні характеристики: номінальна подача води 135 м^3/г; максимальна висота напору 66 м.

При виборі відцентрових насосів для конкретних установок необхідно мати інформацію про залежність одних параметрів від інших. Подача насоса Q використовується як незалежна змінна в характеристиці насоса, оскільки вона прямо пов'язана з витратою рідкого середовища в системі трубопроводів насосного агрегату. Від подачі залежать зміни інших параметрів насосної установки.

У роботі обґрунтовано доцільність переходу від нерегульованих асинхронних електродвигунів до частотно-регульованих систем керування, що дозволяє адаптувати роботу насосів до змін водоспоживання, зменшити енергоспоживання, покращити стабільність тиску в мережі, продовжити термін служби обладнання, а також знизити витрати на технічне обслуговування та ремонт. У роботі наведено результати математичного моделювання режимів роботи насосної станції з урахуванням законів подібності та проведено аналіз добових графіків роботи для різних режимів керування.

Підтверджено зниження питомої енергоємності при частотному регулюванні до 0,32 кВт·год/м³, а також ефективність комбінованої схеми керування на базі трьох насосних агрегатів, один з яких працює з частотним перетворювачем. Такий підхід забезпечив мінімальний показник питомої енергоємності – 0,06 кВт·год/м³, що відповідає до 60 % енергозбереження порівняно з традиційними схемами без регулювання. Дослідження підтвердило, що впровадження частотного та комбінованого регулювання дає змогу значно підвищити енергоефективність насосних установок в умовах змінного навантаження, зменшити гідравлічні удари, знизити пускові струми та підвищити надійність обладнання.

Розроблені рекомендації можуть бути використані під час модернізації існуючих насосних станцій, планування інвестиційних проектів у сфері водопостачання, а також при впровадженні автоматизованих систем керування для промислових і об’єктів агропромислового комплексу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ: Агросвіта, 2012. 432 с.

2. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій: навч. посіб. / Гевко Р. Б., Гладич Б. Б., Павх І. І., Соломка Т. П. Тернопіль: ТДПУ, 2002. 164 с.

УДК 621.331

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ ДВОКОНТУРНИМ ІНДИВІДУАЛЬНИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ЕЛЕКТРОМОБІЛЯ

Нестеренко О. Г., аспірант, e-mail: Oleksandr.Nesterenko@ieee.khpi.edu.ua
Ліхно Я. В., аспірант, e-mail: Yaroslav.Likhno@khpi.edu.ua
Хань Лю, аспірант, e-mail: Han.Liu@ieee.khpi.edu.ua
Наукові керівники: к.т.н., доц. Кунченко Т. Ю., к.т.н., доц. Пшеничников Д. О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Підвищення ефективності двоконтурного індивідуального регульованого електроприводу електромобіля потребує не лише розроблення нових алгоритмів керування, а й обґрунтованого вибору критеріїв їх оцінки. Орієнтація лише на обмеження буксування або покращення тягово-динамічних показників не дає повної картини, оскільки втрати енергії у тяговому режимі виникають як у зоні контакту колеса з дорогою, так і в силових контурах електроприводів [1, 2].

У роботі запропоновано оцінювати ефективність алгоритмів керування за чотирма основними критеріями: сумарним середнім ККД колеса у тяговому режимі за цикл $n_{\Sigma k}$, сумарним середнім ККД системи електроприводів $n_{\Sigma СРел}$, загальним сумарним ККД тягової системи $n_{\Sigma Загальний}$ та витратами електроенергії за цикл $E_{\Sigma СР}$. Такий підхід дає змогу окремо враховувати силові, швидкісні та енергетичні втрати системи і, відповідно, проводити більш коректне порівняння алгоритмів керування. Необхідність комплексної оцінки пояснюється тим, що один і той самий спосіб регулювання може по-різному впливати на реалізацію сили тяги, ефективність перетворення електричної енергії в механічну та загальне енергоспоживання електромобіля.

Для об’єктивного порівняння алгоритмів зазначені критерії доцільно використовувати в умовах типового міського циклу руху у поєднанні з імовірнісним розподілом типів дорожніх покриттів. Для двоконтурного ІРЕ зміна крутних моментів на правому і лівому ведучих колесах безпосередньо впливає як на реалізацію тяги, так і на енергоспоживання, тому оцінка лише за одним параметром не відображає повністю ефективність системи.

Результати досліджень показали, що саме комплексне використання критеріїв $n_{\Sigma k}$, $n_{\Sigma СРел}$, $n_{\Sigma Загальний}$ та $E_{\Sigma СР}$ дозволяє коректно виявити переваги адаптивного регулювання крутних моментів. Для алгоритму СУ №1 сумарний середній ККД колеса підвищується на 6,6…18,0 %, сумарний середній ККД системи електроприводів – на 2,8…15,3 %, витрати електроенергії знижуються на 1,9…10,5 кВт·год за цикл, а загальний ККД тягової системи зростає на 9,3…27,1 % порівняно з іншими розглянутими способами керування. Отже, запропонована система критеріїв може бути використана для об’єктивної оцінки ефективності алгоритмів керування індивідуальним регульованим електроприводом електромобіля.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Pacejka H. B. *Tire and Vehicle Dynamics*. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2012. DOI: 10.1016/C2010-0-68548-8.
2. Saha S., Amrr S. M. Design of slip-based traction control system for EV and validation using co-simulation between Adams and Matlab/Simulink. *Simulation*. 2020. Vol. 96, no. 6. P. 537–549. DOI: 10.1177/0037549719897834.

УДК 621.314

ЗАСТОСУВАННЯ ДИСКРЕТНИХ ФІЛЬТРІВ У ПРИСТРОЯХ РЕГУЛЮВАННЯ ЧАСТОТИ ОБЕРТАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА РОБОЧИХ МАШИН

Постевничий Д. В., магістр, e-mail: Dimasking999@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.
Державний біотехнологічний університет

Відомо, що у багатьох технічних системах необхідно підтримувати одну або декілька регульованих величин на заданому постійному рівні. У більш складних варіантах автоматичних систем вимагається змінювати регульовану величину ще й в часі або в функції від зміни іншої величини за наперед заданим законом [1].

Причому, інколи закон зміни регульованої величини є невідомим, тобто є випадковою функцією, наприклад, необхідно щоб напруга генератора та її частота підтримувались постійними на рекомендованих рівнях, швидкість руху транспортера, а для цього необхідно щоб вихідні напруга і струм напівпровідникового перетворювача електричної енергії не змінювались при зміні таких важливих параметрів як вхідна напруга U_k живлення та навантаження $W(p)$ робочої машини [2].

Отже, регульовану величину $y(t)$ на об'єкті необхідно регулювати таким чином, щоб вона дорівнювала заданій величині $y_з(t)$, тобто: $e_{уст}(t) = lim\ e(t)$, причому, величина $y_з(t)$ може бути постійною або змінюватись відповідно попередньо визначеного закону. Для того, щоб регульована величина об'єкту прийняла необхідне значення, на його вхід подається регульована величина сигналу $q(t)$.

Застосування пристроїв дискретної корекції систем автоматичного регулювання, які побудовані на основі тиристорних напівпровідникових елементів, дозволяють реалізувати процеси кінцевої тривалості на протязі всього діапазону регулювання. Одним із таких дискретних коректорів, який виконує функцію ланки з кінцевою пам'яттю і є дискретний фільтр, на рис.1 наведена функціональна схема одного із варіантів [3].

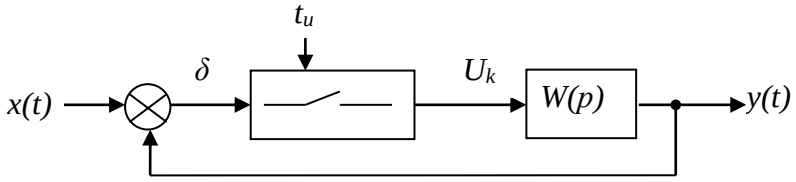


Рисунок 1 – Замкнуті системи компенсації неканоничних гармонік напівпровідникових перетворювачів

Дискретний характер роботи фільтру і фізичні процеси, які у ньому відбуваються, дозволяють відносити його до амплітудно-імпульсної системи другого роду, тобто, завдяки періодичному замиканню ключа дискретний фільтр забезпечує послідовність імпульсів U_k встановленої тривалості, величина яких змінюється по закону зміни похибки δ. Таким чином, застосування запропонованої системи дозволить підвищити надійність роботи автоматизованої системи по підтриманню встановлених параметрів робочої машини з урахуванням зміни параметрів технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Регульований електропривод / І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський та ін. Київ: ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. 509 с.

2. Щербак Я. В., Івакіна К. Я. Основи теорії автоматичного регулювання електро-механотронних систем: навчальний посібник. Харків: ХНУМГ, 2019. 222 с.

3. Щербак Я. В. Замкнутые системы компенсации неканонических гармоник полупроводниковых преобразователей. Харьков: ХФИ «Транспорт Украины», 1999. 256 с.

УДК 016:664.7

МОНІТОРИНГ МІКРОКЛІМАТУ У ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Пономаренко Є. О., бакалавр, e-mail: evgenyponomarenko0402@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.
Державний біотехнологічний університет

Обґрунтування параметрів системи моніторингу мікроклімату в тваринницьких приміщеннях базується на необхідності забезпечення оптимальних умов утримання тварин, що безпосередньо впливає на їхню продуктивність, здоров'я та економічну ефективність господарства. Мікроклімат формується сукупністю фізичних факторів повітряного середовища, які підтримуються в заданих межах залежно від виду, віку та фізіологічного стану тварин.

До основних параметрів, що підлягають моніторингу, належать температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря, концентрація шкідливих газів (зокрема аміаку, вуглекислого газу, сірководню), а також освітленість. Температура є ключовим фактором, оскільки її відхилення від оптимальних значень призводить до стресу, зниження імунітету та продуктивності. Наприклад, для великої рогатої худоби оптимальна температура в межах +5…+20 °C, тоді як для свиней і птиці ці значення можуть суттєво відрізнятися.

Вологість повітря впливає на теплообмін організму тварин і розвиток мікроорганізмів. Надмірна вологість сприяє поширенню інфекцій і погіршує санітарний стан приміщення, тоді як занадто низька вологість викликає пересихання слизових оболонок. Оптимальний діапазон, як правило, становить 60–75 %.

Швидкість руху повітря визначає ефективність вентиляції та тепловіддачі. При низькій швидкості повітря накопичуються шкідливі гази, а при надмірній швидкості виникають протяги, які негативно впливають на тварин. Цей параметр підтримується в межах 0,2–0,5 м/с залежно від сезону.

Контроль концентрації газів є необхідним для запобігання токсичному впливу на організм. Наприклад, допустима концентрація аміаку не повинна перевищувати 20 мг/м³, а вуглекислого газу 0,25 %. Перевищення цих значень призводить до захворювань дихальної системи та зниження продуктивності.

Освітленість впливає на біологічні ритми, поведінку та продуктивність тварин. Для різних видів встановлюються свої норми тривалості світлового дня та інтенсивності освітлення.

Система моніторингу передбачає наявність датчиків відповідних параметрів, засобів збору та передачі даних, а також програмного забезпечення для їх аналізу. Важливою вимогою є точність вимірювань, надійність роботи в вологому або загазованому середовищі та можливість безперервного контролю в реальному часі. Доцільним є використання автоматизованих систем із функціями сигналізації та керування вентиляцією, обігрівом і зволоженням.

Провести обґрунтування параметрів системи моніторингу мікроклімату означає встановлення оптимальних значень показників і забезпечення технічних засобів для їх точного та безперервного контролю. Впровадження систем моніторингу підвищує ефективність виробництва, покращує умови утримання тварин, що є важливим фактором сучасного тваринництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kolechko A. V., Pikula O. A. Optimization of microclimate in livestock buildings as a key factor in preventing diseases in calves. *Modern engineering and innovative technologies*. 2025. Issue 39. Part 4. P. 107–122. DOI: 10.30890/2567-5273.2025-39-04-014.

УДК 621.33

ДІАГНОСТИКА ТА КОНТРОЛЬ ТЕМПЕРАТУРИ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Ромасько М. І., бакалавр, e-mail: romasko96@ukr.net
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Будь-яке перетворення енергії, її передача та споживання, пов'язані з певними втратами: струм, що протікає через провід, нагріває його, це джоулеві втрати; магнітний потік у сталевих сердечниках трансформаторів та електричних машин викликає втрати на перемагнічування; електричні втрати в ізоляції виникають через зміну поляризації молекул діелектрика та струмів витоку; механічні втрати виникають в електроприводах, від тертя в підшипниках і тертя обертових частин об навколишнє повітря.

Зрештою, всі втрати перетворюються на тепло і нагрівають працююче обладнання. Насамперед нагріваються органічна ізоляція та перехідні контакти електричних кіл. Ізоляція з паперу, просоченого маслом, від нагріву старіє, і тим швидше, чим вища її температура. Підвищений нагрів асинхронних електродвигунів може статись через: перевантаження, погане охолодження, низький рівень обслуговування, ослаблення з'єднань, старіння ізоляції, зношування щиток, низька або висока напруга мережі живлення, перекос фаз.

До вимірювання температури електрообладнання пред'являються дві основні вимоги: точність та надійність. Існують декілька методів термоконтролю, основними з яких є: застосування терморезисторів або термопари, безконтактна пірометрія, телевізійний метод, застосування інтелектуальних систем моніторингу. Кожен із них має свої переваги та недоліки.

До недоліків, при використанні термопари, відносять невисоку точність та великі шуми. При використанні терморезистора виникають деякі проблеми, пов’язані з нелінійністю температурних характеристик, взаємозамінністю та стабільністю датчиків. При контролюванні температури електрообладнання за допомогою телевізійного методу необхідно враховувати систему охолодження матеріалу об’єкта, що досліджується, найбільш нагріті точки електрообладнання і вплив навколишнього середовища.

В інтелектуальній системі діагностики теплового стану електродвигуна застосовується вбудований в корпус інтелектуальний датчик температури Connect Home – CH-S02, який у реальному часі аналізує нагрівання всього двигуна та відповідно реагує на зміни його температурного режиму. Температура електродвигуна у процесі роботи аналізується інтелектуальним датчиком, далі сигнал надходить до комп'ютера, де остаточно обробляється і видає інформацію щодо подальшої експлуатації. За допомогою програми для аналізу та контролю теплового стану, в режимі реального часу відслідковується тепловий нагрів електродвигуна, встановлюються обмежувальні границі щодо його відключення у разі перегріву та включення у разі нормалізації температури. Якщо в процесі роботи буде виявлено нерівномірний нагрів, несиметричні режими роботи або перегрів підшипника, програма автоматично попереджує користувача про виявлену небезпеку та дає можливість скорегувати ситуацію. Якщо критичний стан двигуна не змінюється або оператор не прийняв необхідні заходи по нормалізації температурного режиму, система автоматично відключає двигун від електромережі. Завдяки ефективній роботі застосованого інтелектуального датчика виявляється навіть невелика різниця температур при діагностиці теплового стану електродвигуна. Зазначена система дозволить чітко визначити дефектне місце. Таким чином, запропонована інтелектуальна система діагностики забезпечить спрощення конструкції системи та підвищення якості діагностування електродвигуна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Моніторинг і діагностика електромеханічних об’єктів: навч. посібник / О. П. Чорний, Ю. В. Зачепа, В. К. Титюк, О. А. Чорна. Кременчук: ЧП Щербатих А. В., 2019. 122 с.

УДК 621.315.87

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Радченко М. П.[1], бакалавр, e-mail: radch2nykolay@gmail.com
Мироненко А. А.[2], магістр, e-mail: amironanton99@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.[2]
[1] Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
[2] Державний біотехнологічний університет

Як відомо, насосна станція (НС) – це комплексна система, що включає певну кількість насосних станцій, а також допоміжні системи та обладнання. А сучасна насосна установка (НУ) – це комплекс пристроїв, здатних забезпечити потрібний порядок роботи насосів у насосних агрегатах. Як показують дослідження, НУ повинні складатися з одиничного або багатьох насосних агрегатів, трубопроводів, запірної та регулювальної арматури, контрольно-вимірювальної апаратури, а також апаратури керування та захисту [1].

Для забезпечення економічної роботи насосного агрегату, на сьогоднішній день, існує цілий ряд правил, заснованих на зміні швидкості обертання робочих коліс насоса, що дозволяє зменшити витрати електроенергії [2]. Враховуючи розповсюдженість насосних станцій, можна стверджувати, що ця тема буде ще дуже актуальною тривалий час.

Дослідження показали, що під електроприводом треба розуміти електромеханічну систему, що складається з перетворювача, пристроїв керування та інформації, а також пристроїв сполучення із зовнішніми електричними, механічними, керуючими та інформаційними системами, призначену для приводу виконавчих органів робочої машини і управління нею виконавчих органів робочої машини і управління нею з метою здійснення технологічного процесу [3].

Виконавши аналіз роботи насосної станції в декількох режимах, відповідно до існуючого графіка водоспоживання, були розглянуті випадки регулювання величини подачі насосної станції за допомогою наступних способів - дроселювання, регулювання зміною величини частоти напруги живлення статорної обмотки, регулювання зміною напруги живлення статора. Було зроблено вибір на користь частотного способу регулювання величини частоти обертання ротора асинхронного двигуна (АД). Це можна пояснити тим, що в такому випадку буде споживатись менша потужність, при усіх режимах роботи насосної станції, крім випадку із величиною подачі в межах від 0 до 0,19 від номінального значення, де, взагалі, доцільно використовувати тільки нерегульований електропривод. Впровадження частотно-регульованого електропривода (ПЧ) для системи водопостачання дозволяє не лише економити електроенергію, але й підвищити надійність роботи обладнання. Завдяки плавному пуску знижуються гідравлічні удари та знос трубопроводів і запірної арматури. Коефіцієнти потужності та корисної дії мають досить високі значення та змінюються в дуже малих інтервалах, діапазон регулювання величини частоти набагато ширший, ніж у випадку використання, наприклад, тиристорного регулятора напруги. Буде досить суттєва економія електроенергії у грошовому вираженні, а значить, і швидкий термін окупності встановленого обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ: Агросвіта, 2012. 432 с.

2. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій: навч. посіб. / Гевко Р. Б., Гладич Б. Б., Павх І. І., Соломка Т. П. Тернопіль: ТДПУ, 2002. 164 с

3. Електропривод у питаннях і відповідях / Лисиченко М. Л., Савченко П. І., Тищенко О. К., Гузенко В. В. Харків, 2012. С. 102–182.

УДК 621.315.4

ЧАСТОТНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ – ВАЖЛИВИЙ ІНСТРУМЕНТ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ: ВИКОРИСТАННЯ ТА ПЕРЕВАГИ

Ратушний В. В.[1], бакалавр, e-mail: ratushniy2vova@gmail.com
Метелиця М. О.[2], магістр, e-mail: maksymmak21met@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.[2]
[1] Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
[2] Державний біотехнологічний університет

На даний момент, як показують дослідження, більшість насосних станцій спроектована з урахуванням пікових навантажень від споживачів, хоча цей час складає всього до 10 % в добовому вимірі [1]. Тому використання енергозберігаючих систем керування має ключове значення для економії витрат енергії, а також економії на витрати та ремонт обладнання станцій [2]. Як показує практика, до таких енергозберігаючих систем з кожним роком приділяють велику увагу. Враховуючи важливість поставленої задачі, можна стверджувати, що частотні перетворювачі будуть тривалий час важливим інструментом в сучасних технологіях енергозбереження електромеханічних систем.

Асинхронні двигуни залишатимуться і в майбутньому основними споживачами електричної енергії, як у сільському господарстві так і в міському. Вони споживають близько 70 % всієї електричної енергії [1, 2]. Нерегульований електропривод на більшості насосних станціях, все ж таки, займає важливе місце. Але за останні 5 років спостерігається тенденція до модернізації та переоблаштування вже існуючих насосних станцій. Старе обладнання замінюється на більш сучасне та економічно вигідне у використанні. Результати ефективності різноманітних систем керування електроприводом дуже детально розглянуто у часи пікових навантажень.

Завдяки використанню частотних перетворювачів ми маємо безперервний доступ до керування створюючи регульований міст між електромережею та електродвигуном. Це дозволяє регулювати швидкість та інші параметри електроприводу.

Переваги використання частотних перетворювачів:

1. Енергозбереження: зниження витрат до 30 %, не втрачаючи показників тиску навіть в піковий час навантаження.

2. Автоматизація: дозволяє включати резервні насоси в часи-пік, що дозволяє уникати надмірних навантажень на механічні частини електроприводу та забезпечує значну енергоефективність (до 40 %).

3. Захист мережі: за рахунок відсутності пускових струмів зменшується навантаження на трансформатори електромережі.

Математичне обґрунтування: робота частотного перетворювача полягає в зміна кутової швидкості робочого колеса насоса ϕ. Основні параметри насоса (подача Q, напір H та споживана потужність P) змінюються пропорційно зміні частоти f згідно з наступними залежностями:

1. Залежність подачі: подача змінюється лінійно відносно частоти.

2. Залежність напору (тиску): зміна тиску пропорційно квадрату частоти.

3. Споживана потужність (Закон куба): потужність на валу двигуна змінюється пропорційно кубу частоти.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропривод у питаннях і відповідях / Лисиченко М. Л., Савченко П. І., Тищенко О. К., Гузенко В. В. Харків, 2012. С. 482.

2. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ: Агросвіта, 2012. 432 с.

3. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій: навч. посіб. / Гевко Р. Б., Гладич Б. Б., Павх І. І., Соломка Т. П. Тернопіль: ТДПУ, 2002. 164с.

УДК 621.865.8-523.8; 62-213.34

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОЄКТУВАННЯ ВИБУХОЗАХИЩЕНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ

Рибаков В. К., аспірант, e-mail: rybakov0905@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н. Котляров В. О.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Проєктування вибухозахищених електроприводів (ЕП) є складним та трудомістким процесом. Одна з головних причин цього – велика кількість вимог стандартів з вибухозахисту, що є обов'язковими для врахування в ЕП. Виконання цих вимог підтверджується під час сертифікації та забезпечує відповідність обладнання Постанові кабінету міністрів України № 1055 [1]. Вимоги стандартів, варіанти конструктивних рішень для їх виконання, методи перевірки виконання на практиці часто виявляються не узгодженими між собою. Як наслідок це призводить до невідповідності обладнання вимогам стандартів, збільшенню термінів та вартості сертифікації, до повторних випробувань та зниження рівня безпеки.

Нами пропонується методологія проєктування вибухозахищених ЕП з урахуванням подальшої оцінки відповідності вимогам стандартів серії EN/IEC 60079-XX, EN ISO 80079-XX тощо. В основу методології покладено інформаційно-логічне моделювання на базі мови об'єктно-орієнтованого проєктування SysML. Інформаційно-логічні моделі це структурований опис елементів ЕП, нормативних вимог до них, конструкторських рішень, якими ці вимоги виконуються, а також відповідних підтверджувальних методів випробувань, розрахунків та документів. Структурні частини цих моделей пов'язані між собою трасованими зв'язками та формують явні ланцюги залежностей «елемент ЕП → пункт стандарту / вимога → конструкторське рішення з безпеки → підтвердження (випробування / документ)». Тим самим заздалегідь фіксується логіка проходження оцінки відповідності ще на стадії концептуального проєктування. Аналіз та порівняння структур таких моделей за мінімальними зрізами дозволяє проводити оптимізацію наслідків прийнятих конструктивних рішень за кількістю та складністю застосовуваних вимог, об'ємом потрібної конструкторської документації, кількістю, видом та вартістю типових випробувань з вибухозахисту, тощо.

Верифікацію методології було здійснено на прикладі проєкту вибухозахищеного інспекційного мобільного робота з диференційним способом керування повороту та системою кутової орієнтації платформи корисного навантаження. Такі роботи можуть знайти застосування на шахтах, підприємствах харчової та хімічної промисловості, борошномельному виробництві, підприємствах агропромислового комплексу, зокрема на елеваторах. ЕП таких роботів вимагає ретельного обґрунтування вибору засобів вибухозахисту через необхідність врахування небезпек займання від кожного окремого елемента, зібраної конструкції в цілому разом із системою керування та можливих сценаріїв її несправностей та відмов. Запропонована методика зарекомендувала себе ефективним засобом такого обґрунтування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Постанова Кабінету Міністрів України від 28 грудня 2016 №1055 «Про затвердження Технічного регламенту обладнання та захисних систем, призначених для використання в потенційно вибухонебезпечних середовищах». *База даних «Законодавство України»* / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1055-2016-%D0%BF.

2. Shukutani K., Onishi K., Onishi N., Okazaki H., Kojima H., Kobori S. Development of Explosion-proof Autonomous Plant Operation Robot. *Mitsubishi Heavy Industries Technical Review*. 2018. Vol. 55, No. 4. URL: https://www.mhi.com/technology/review/abstract-55-4-150.

УДК 621.867

АНАЛІЗ ТИПІВ КОНВЕЄРІВ, ЗАСТОСОВУВАНИХ НА БОРОШНОМЕЛЬНИХ ВИРОБНИЦТВАХ

Рябуха Ю. Ю., студ., e-mail: VVS11101992@gmail.com
Науковий керівник – ст. викл. Сухін В. В.
Державний біотехнологічний університет

Борошномельне виробництво є однією з ключових галузей харчової промисловості, що забезпечує населення основними продуктами переробки зерна. У сучасних умовах ефективність роботи борошномельних підприємств залежить від рівня механізації та автоматизації виробничих процесів, серед яких важливе місце займає внутрішньоцеховий транспорт [1]. Саме транспортні системи забезпечують безперервне переміщення зерна, напівфабрикатів та готової продукції між різними етапами технологічного процесу, що дозволяє підвищити продуктивність та знизити витрати ручної праці [1].

На борошномельних підприємствах застосовується широкий спектр конвеєрного обладнання, кожен тип якого має свої конструктивні особливості та сферу використання. Одними з найпоширеніших є стрічкові конвеєри, які використовуються для транспортування зерна на горизонтальних та похилих ділянках. Вони характеризуються простою конструкцією, високою надійністю, відносно низькими енергетичними витратами та здатністю переміщувати значні об’єми сипких матеріалів [1]. Завдяки цьому стрічкові конвеєри широко застосовуються на всіх етапах борошномельного виробництва.

Важливе місце займають шнекові конвеєри, які призначені для транспортування сипких матеріалів у закритих жолобах. Їх конструкція дозволяє забезпечити герметичність процесу, що є особливо важливим при роботі з борошном та дрібнодисперсними продуктами, оскільки це зменшує втрати та запобігає забрудненню продукції [2].

Ковшові елеватори є основним обладнанням для вертикального транспортування зерна та продуктів його переробки. Вони складаються з безперервно рухомої стрічки або ланцюга з ковшами, які захоплюють матеріал і піднімають його на необхідну висоту. Перевагами елеваторів є висока продуктивність, компактність та здатність працювати з великими обсягами матеріалу при невеликих енерговитратах [1].

Окремо слід відзначити пневматичні транспортні системи, які застосовуються для переміщення борошна та інших дрібнодисперсних продуктів за допомогою потоку повітря. Такі системи забезпечують високу гігієнічність процесу, мінімізують втрати продукту та дозволяють транспортувати матеріал по складних трасах трубопроводів [2].

Крім основних типів конвеєрів, у борошномельній промисловості можуть застосовуватися також скребкові, роликові та комбіновані транспортні системи, які використовуються залежно від специфіки технологічного процесу та властивостей матеріалу. Вибір конкретного типу конвеєрного обладнання залежить від фізико-механічних характеристик сировини, довжини транспортних маршрутів, продуктивності виробництва та вимог до санітарних умов [1].

Раціональне поєднання різних видів конвеєрів дозволяє створити ефективну систему внутрішнього транспорту, яка забезпечує безперервність виробничого процесу, зменшує простої обладнання та підвищує ефективність роботи підприємства [1]. Сучасні тенденції розвитку борошномельної промисловості спрямовані на автоматизацію транспортних систем, зменшення енергоспоживання та підвищення екологічної безпеки виробництва [2].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дубровін В. І. Технологічне обладнання борошномельних і круп’яних підприємств. Київ: НУХТ, 2018. 256 с.

2. Скобенко В. П. Машини та обладнання харчових виробництв. Харків: ХНТУСГ, 2017. 312 с.

УДК 681.511

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ ПТАШНИКА

Савченко К. І., магістр, e-mail: 357kostya3572004@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Продуктивні та племінні якості ремонтного молодняку і дорослої птиці значною мірою визначаються умовами їх вирощування і утримання. Нарівні з нормованою годівлею значним резервом збільшення виробництва продукції птахівництва є створення оптимального мікроклімату, який залежить від типу будівель, обладнання, способів і методів опалення, вентиляції та освітлення. Оптимальний мікроклімат у пташнику – це комплекс діючих факторів середовища, які сприяють максимальній продуктивності птиці. Відхилення від оптимальних умов спричиняє глибокі фізіологічні зміни в організмі птиці, що в свою чергу знижує її продуктивність.

Системи повітряного опалення бувають децентралізовані (місцеві) та централізовані, обидві широко застосовуються у приміщеннях для утримання великої кількості птахів. У децентралізованих системах повітряного опалення нагрівання повітря та його циркуляція здійснюється повітряно-опалювальними агрегатами з механічною подачею повітря або за рахунок дії гравітаційних сил.

У централізованих системах повітря готується централізовано в камерах і по повітроводах подається до опалювальних приміщень, тобто можливе поєднання повітряного опалення з припливною вентиляцією. При розрахунку вентиляційного обладнання, слід передбачати створення підпору повітря, шляхом перевищення припливу над витяжкою на 10–20 %, тобто забезпечувати значну кількість припливного повітря.

Подачу припливного повітря в приміщення слід передбачати так, щоб воно поступало рівномірно в зону розміщення птахів, виключаючи безпосередній вплив на них повітряних струменів, що мають швидкість і температуру, які перевищують рекомендовані значення. Таку задачу не завжди можливо виконати, особливо при невеликій висоті приміщення і значному навантаженні на систему припливної вентиляції, яка поєднана з повітряним опаленням. Вибір способів розподілу повітря визначається аеродинамічними характеристиками припливних струменів і конструктивними рішеннями розташування повітроводів у приміщенні. Для ефективної повітророздачі в птахівницьких приміщеннях є перспективним застосування лункоподібного випуску, у вигляді конфузору, що створює струмінь з високим темпом зменшення швидкості та надлишкової температури. Відмінними рисами струменів з підвищеним темпом зниження параметрів є інтенсивний турбулентний обмін та значна ежекційна здатність, порівняно з прямоточними струменями.

Ураховуючи вищевикладене, найкращим способом повітророзподілу є подача нагрітого повітря з верхньої частини приміщення в зону перебування птахів розосередженими струменями, за допомогою повітроводів, з випуском через конфузори. При розподілі повітря за допомогою повітророзподільників, що створюють струмені з інтенсивним згасанням параметрів, можливо збільшити робочу різницю температур між припливним повітрям і повітрям робочої зони, наблизити розподільні пристрої до робочої зони, зменшити кількість повітря, що подається системою повітряного опалення, знизити капітальні та експлуатаційні витрати на переміщення припливного повітря.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Хмельовський В. С. Машини та обладнання для тваринництва: навч. посібник. Київ: ТОВ «ЦП Компринт», 2018. 567 с.

2. Електропривод і автоматизація: навч. посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільїчов, Ю. М. Хандола. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.

УДК 621.86

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СТРІЧКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

Супрунюк Ю. В., бакалавр, e-mail: Supruniukyurii@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Стрічкові транспортери використовують для переміщення сипучих матеріалів та дрібного штучного вантажу в межах виробництва. Для регулювання продуктивності, наприклад точного дозування продукції, необхідно змінювати швидкість руху стрічки. Застосування датчика швидкості та енкодера-підшипника, у складі частотно-регульованого приводу, забезпечить підтримання в заданому діапазоні швидкість обертання ротора, збільшить ресурс двигуна та підвищить ефективність роботи транспортера. Кінематична схема стрічкового транспортера з частотно-регульованим електроприводом показана рисунку 1.

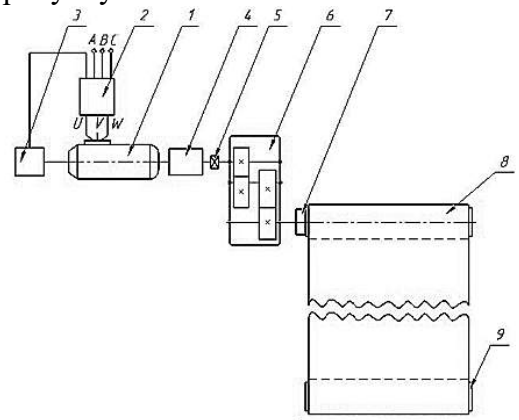


Рисунок 1 - Кінематична схема транспортера

Конструкція транспортера складається з гумовотканинної транспортерної стрічки 8, яка обвиває кінцеві барабани 7 та 9. Стрічка виконує дві основні функції: тягову, за допомогою приводного барабана 7 і транспортування вантажу. Натяжний барабан 9 підтримує необхідний натяг стрічки. Електропривод складається з асинхронного двигуна 1, перетворювача частоти (ПЧ) 2, датчика швидкості 3, незалежного вентилятора 4, одноступінчастого циліндричного редуктора 6 та муфти 5.

Датчик швидкості встановлений для забезпечення точності регулювання частоти обертання валу двигуна та управління моментом обертання механізму. Відхилення швидкості залежить від динамічної зміни напруги та моменту; похибок виміру швидкості; параметричних збурень у двигуні, перетворювачі та механічній передачі; перешкод у каналі керування. При встановленні незалежної вентиляції двигун охолоджується постійно, незалежно від швидкості обертання валу, що дозволяє збільшити діапазон регулювання частоти обертання і значно розширити межі мінімальної та максимальної швидкостей.

Особливість конструкції електропривода полягає в застосуванні підшипника з активним сенсором. У прокладку ущільнювача підшипника вбудовано магнітне кільце, зверху якого встановлюється датчик. При обертанні підшипника разом з ним обертається магнітне кільце, створюючи магнітне поле змінної полярності, яке реєструється розташованим поруч датчиком. На виході формується сигнал, частота якого залежить від кількості змін полярності в секунду, тобто від швидкості обертання валу. Цей сигнал передається у мікропроцесорний блок ПЧ. Основними перевагами такої конструкції є: можливість вимірювання швидкості обертання валу при швидкостях близьких до нуля; зменшення габаритів; спрощення монтажу; висока точність виміру, зменшення вартості конструкції.

Запропонована конструкція, із застосуванням енкодера-підшипника у складі частотно-регульованого приводу, дозволяє миттєво реагувати на зміни навантаження і з високою точністю корегувати швидкість та обертовий момент, що особливо важливо в ситуаціях, де потрібне плавне переміщення продукції або точне дозування сипучого матеріалу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жигулін О. А., Махмудов І. І., Жигуліна Н. О. Підйомно-транспортні машини: навч. посібник. Ніжин, 2020. 150 с.

2. Електропривод і автоматизація: навч. посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільїчов, Ю. М. Хандола. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.

УДК 621.314

ОГЛЯД МОДИФІКАЦІЙ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ДЛЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Скринник В. В., магістр, e-mail: skrynnikvitalij2@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Промисловістю випускаються спеціальні асинхронні електродвигуни для частотного регулювання, які використовуються в різноманітних електроприводах, в залежності від технологічних операцій робочих органів виконавчих механізмів. Застосування різних модифікацій залежить від ступеня автоматизації виробництва.

Асинхронні електродвигуни базового виконання виготовляються без електромагнітних гальм, датчиків швидкості-положення та незалежної вентиляції. Призначені для використання у складі частотно-регульованих приводів, з живленням від стандартної трифазної мережі. Для охолодження використовується вентилятор, встановлений на валу двигуна (самовентиляція), відповідно ефективне охолодження забезпечується починаючи з вихідної частоти інвертора близько 30 Гц, допустима глибина регулювання 1:3. Застосовуються у складі регульованих приводів для насосів, вентиляторів, конвеєрів, або як заміна асинхронних електродвигунів промислової серії.

Асинхронні електродвигуни з незалежною вентиляцією без електромагнітних гальм та датчиків швидкості-положення. Використовуються у складі частотно-регульованих приводів для тривалої роботи у всіх діапазонах робочих швидкостей. Так як датчик швидкості-положення в даній модифікації відсутній, то максимальна глибина регулювання з перетворювачем частоти може становити 1:10, а при застосуванні спеціальних типів інверторів до 1:20. Застосовуються у складі регульованих приводів конвеєрів, центрифуг та автоматичних ліній.

Асинхронні електродвигуни з електромагнітними гальмами без датчиків швидкості-положення та незалежної вентиляції. Призначені для роботи у складі частотно-регульованих приводів де є необхідність утримувати нерухомо вал двигуна при відключенні живлення, а також у системах, що вимагають підвищеної безпеки. Для охолодження використовується вентилятор, встановлений на валу двигуна (самовентиляція), відповідно ефективне охолодження забезпечується починаючи з вихідної частоти інвертора близько 30 Гц, відповідно допустима глибина регулювання 1:3, а максимальна швидкість допускається не вище номінальної. Застосовуються для електроприводів вантажопідйомних механізмів, конвеєрів, центрифуг та автоматичних ліній.

Асинхронні електродвигуни з датчиками швидкості-положення та незалежною вентиляцією, без електромагнітних гальм. Призначені для роботи у складі частотно-регульованих приводів, де є необхідність забезпечення великої глибини регулювання швидкості, точного контролю частоти обертання та управління моментом, у будь-якому діапазоні від нуля до максимальної швидкості. Застосовуються в точному машинобудуванні, верстатах з ЧПУ, вантажопідйомних механізмах, конвеєрних системах та автоматичних лініях.

Асинхронні електродвигуни з електромагнітними гальмами, датчиками швидкості-положення та незалежною вентиляцією призначені для роботи у складі частотно-регульованих приводів, де є необхідність забезпечення великої глибини регулювання швидкості, точного контролю частоти обертання та управління моментом, у будь-якому діапазоні від нуля до максимальної швидкості. Застосовуються в технологічних процесах, де є необхідність утримувати нерухомо вал двигуна. Застосовуються в точному машинобудуванні, верстатах з ЧПУ, вантажопідйомних механізмах, конвеєрних системах та автоматичних лініях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Осташевський М. О., Юр’єва О. Ю. Електричні машини і трансформатори: навч. посібник / за ред. В. І. Мілих. Харків: ФОП Панов А. М., 2017. 452 с.

УДК 621.3.016

ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОТОРНО-ПУЛЬСАЦІЙНОГО АПАРАТА ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ РІДКИХ КОРМІВ ВІД ТЕМПЕРАТУРИ ТА В'ЯЗКОСТІ ОБРОБЛЮВАНОЇ СУМІШІ

Сердюк А. М., доктор філософії (PhD), e-mail: serdiuk_a94@ukr.net
Національний університет біоресурсів і природокористування України

По мірі обробки водозернового середовища в роторно-пульсаційному апараті останнє піддається впливу кавітаційного, здвигового та вихрового механізмів, що супроводжується тепловою дисипацією енергії [1]. Внаслідок цього підвищується температура гетерогенного середовища. Зазвичай, збільшення температури призводить до зниження в'язкості розчинів. Проте, при диспергуванні водозернових сумішей зі збільшенням температури та зменшенням розміру частинок в'язкість підвищується. Це обумовлено тим, що зернові культури містять крохмаль, який клейстеризується при досягненні певної температури – від 50 до 70 ˚С в залежності від виду зернового компоненту. При температурах суміші близьких до 50 ˚С починається процес клейстеризації крохмалю, що значно збільшує їх в'язкість [2]. З урахуванням вищесказаного, зміна температури та в'язкості середовища в процесі його обробки в роторно-пульсаційному апараті має вагомий вплив на споживану потужність, яка необхідна для приготування кормової суміші.

У таблиці 1 наведено залежності споживаної потужності роторно-пульсаційного апарата (РПА) від температури та в'язкості крохмалевмісного середовища. З отриманих даних видно, що зі збільшенням тривалості обробки водозернової суміші збільшується її температура. Збільшення температури призводить до збільшення в'язкості розчину, що в свою чергу призводить до підвищення споживаної потужності агрегату.

Таблиця 1 – Залежність споживаної потужності РПА від температури та в'язкості оброблюваного середовища

Температура середовища, ˚С	В'язкість, Па·с	Споживана потужність, кВт
25	0,7	1,9
30	0,8	2,0
35	0,9	2,1
40	1,1	2,2
45	1,3	2,4
50	1,6	2,6
55	2,4	3,2
60	2,8	3,7

З огляду на технологічні вимоги для приготування рідких зернових кормів та оптимальних витрат електроенергії на процеси диспергування гетерогенних крохмалевмісних середовищ в роторно-пульсаційній установці, дослідження слід проводити при температурі суміші не більше 55 ˚С та в'язкості близько 2–2,2 Па·с.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Gorobets V. G., Serdyuk A. M. Rotor-pulsating apparatus for the preparation of liquid feeds on the grain basis. *Енергетика і автоматика.* 2018. № 6. С. 51–57.

2. Грабовська О. В. Технології крохмалю і крохмалепродуктів: підручник. Київ: НУХТ, 2019. 370 с.

УДК 004.9:631:338.43(477)

СУЧАСНІ ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ. ВИКЛИКИ, ІНСТРУМЕНТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ІНТЕГРАЦІЇ В УМОВАХ ПОВОЄННОГО ВІДНОВЛЕННЯ УКРАЇНИ

Скороход С., здобувач освіти, e-mail: skorokhod.sergeii@gmail.com
Науковий керівник – викл. вищ. кат., викл.-метод. Братчикова О.
ВСП «Харківський фаховий коледж харчової промисловості ДБТУ»

Агропромисловий комплекс України традиційно посідає одне з ключових місць у структурі національної економіки, формуючи значну частку експортного потенціалу та забезпечуючи продовольчу безпеку держави. Однак, незважаючи на високий природно-ресурсний потенціал, галузь стикається з низкою системних викликів, серед яких – технологічна відсталість окремих сегментів виробництва, дефіцит кваліфікованих кадрів, а також необхідність адаптації до змін кліматичних умов і, що особливо актуально сьогодні, подолання наслідків руйнувань, спричинених військовою агресією. У цьому контексті дедалі більшого значення набуває питання прискореної цифрової трансформації аграрного сектору, яка розглядається не просто як інструмент підвищення ефективності, а як необхідна умова забезпечення його стійкості та конкурентоспроможності в довгостроковій перспективі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про зростання наукового інтересу до проблематики впровадження цифрових технологій в АПК. Зокрема, в роботах О. Бялковської та співавторів [1] обґрунтовано перспективні напрями розвитку зеленої економіки в аграрному секторі, серед яких важливе місце посідають технології точного землеробства та відновлювана енергетика. У дослідженнях К. Стрижиченка та А. Улінічі [2] проаналізовано вплив інноваційних інструментів на конкурентоспроможність аграрної продукції, причому наголошено на вирішальній ролі інвестицій у людський капітал для успішної цифровізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно проаналізувати сучасний стан застосування цифрових технологій в аграрному секторі; виявити основні бар’єри, що стримують процеси цифровізації; систематизувати перспективні технологічні рішення, адаптовані до умов воєнного часу та повоєнного відновлення; окреслити можливі шляхи подолання наявних перешкод.

Цифрові технології в агропромисловому комплексі України на сучасному етапі розвиваються вкрай нерівномірно через значний розрив між великими агрохолдингами та представниками малого і середнього бізнесу що потребує системної державної підтримки та розвитку спеціальних інституцій для передачі знань умови воєнного стану попри їхню деструктивність виступили потужним каталізатором для впровадження інноваційних рішень у сфері дистанційного моніторингу безпілотних технологій та альтернативної енергетики створюючи надійний фундамент для прискореної модернізації галузі в повоєнний період процес інтеграції України до європейського економічного простору вимагає обов’язкової гармонізації нормативної бази та впровадження цифрових систем простежуваності й контролю якості продукції що має стратегічне значення для виходу на нові ринки подальші дослідження необхідно зосередити на розробці адаптованих моделей цифрової трансформації для різних типів господарств та ретельному аналізі соціально-економічних наслідків автоматизації для сільських територій зокрема щодо змін у структурі зайнятості та загальної якості життя населення

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bialkovska O., Poprozman N., Zelenskyi A., Fedorchuk N., Huk Y. Prospects for the introduction of a green economy in the agricultural sector of Ukraine for the next 10 years. *Scientific Horizons*. 2024. Vol. 27, No. 6. P. 163-176. DOI: 10.48077/scihor6.2024.163

2. Sullivan C.S., Gemtou M., Anastasiou E., Fountas S. Precision farming technologies on crop protection: A stakeholders survey. *Smart Agricultural Technology*. 2023. Vol. 5. Article number 100293. DOI: 10.1016/j.atech.2023.100293

УДК 621.112.89.

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ ДИФУЗІЇ НА ЦУКРОВОМУ ЗАВОДІ

Снітко Д. А., бакалавр, e-mail: snitko40d@gmail.com
Приходько Е. С., бакалавр, e-mail: eduardserg@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.
Державний біотехнологічний університет

На сучасному етапу розвитку української цукрової промисловості ставиться питання про модернізацію та вдосконалення існуючих підприємств. З кожним роком це питання є все більш актуальним у зв'язку зі зменшенням кількості посівів, а також не конкурентоспроможності на світовому ринку у порівнянні з іншими країнами [1].

Метою наукової роботи є вибір найбільш оптимальної системи автоматизації та елементної бази шляхом аналізу технологічного процесу та існуючих систем керування електроприводом.

Як показує аналіз, що використання автоматизованого електроприводу при виробництві цукру необхідне на дифузійному обладнанні похилого типу. Тому що, саме апарати такого типу, здебільшого, потребують автоматизації та модернізації.

До системи автоматизації похилого дифузійного обладнання висуваються високі вимоги, а саме: економічність; швидкодія системи; точність підтримання параметрів процесу; надійність роботи системи; зручність в експлуатації [2].

Під час проведених досліджень, були зібрані необхідні параметри вимірювальних пристроїв. Важливий технологічний індикатор у схемах керування відображає значення навантаження і швидкості обертання двигуна. Питоме навантаження похилого дифузійного апарату регулюється шляхом впливу на продуктивність бурякорізки за допомогою частотного перетворювача Lenze 8200 HVAC керуючий сигнал якого поступає на вхід електричного двигуна.

У даній науковій роботі були проаналізовані особливості технологічного процесу дифузії на цукровому заводі та розроблена схема керування. Розглянуті найбільш поширені типи дифузійних апаратів та способи їх автоматизації з вибором найбільш актуальних та оптимальних для нашої країни. Запропоновано використання мікропроцесорних приладів виміру, контролю та регулювання основних технологічних параметрів. Даний підхід покращує точність виміру, економічність та надійність дифузійного відділення.

Як показує практика, використання таких запропонованих приладів у розробленій схемі зменшує витрати сировини та покращує економічні показники виробництва та кінцевого продукту. Для прикладу було промодельовано один із основних технологічних контурів спочатку без застосування автоматизації, а потім із використанням контролюючих зворотних зв'язків, що значно покращило плавність роботи виконуючого сервомеханізму та зменшило його перевантажування при перехідних процесах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропривод у питаннях і відповідях / Лисиченко М. Л., Савченко П. І., Тищенко О. К., Гузенко В. В. Харків, 2012. С. 102–182.

2. Корчемний М. О., Федорейко В. С., Щербань В. П. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 290 с.

УДК 621.14.89

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ КІНЕМАТИКОЮ ТА ДИНАМІКОЮ РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Степанов О. П.[1], магістр, e-mail: alx.step777@gmail.com
Михайленко Д. О.[2], бакалавр, e-mail: mih_dm_mih@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.[2]
[1] Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
[2] Державний біотехнологічний університет

Розвиток робототехніки в Україні набуває стратегічного значення, особливо у сферах промислової автоматизації, агропромислового комплексу. Ефективне управління кінематикою та динамікою робототехнічних систем є ключовим чинником для забезпечення високої точності, надійності та енергоефективності роботи роботів.

Методи управління кінематикою: пряме кінематичне управління – використовуються для визначення положення та орієнтації виконавчих органів на основі заданих координат; зворотна кінематика – дозволяє обчислювати необхідні кути повороту приводів для досягнення заданої точки у просторі; адаптивні методи – застосовуються для роботи в умовах змінних навантажень та зовнішніх впливів, що особливо актуально для мобільних роботів.

Методи управління динамікою: класичні регулятори – забезпечують стабільність системи, але мають обмеження при роботі з нелінійними об’єктами; моделювання динаміки маніпуляторів – використовується для врахування інерційних характеристик та силових взаємодій між ланками; оптимізаційні методи – дозволяють мінімізувати енергоспоживання та підвищити точність рухів; нейромережеві та нечіткі системи управління – перспективні для складних багатовимірних систем, де класичні методи не дають бажаних результатів.

Аналіз на основі сучасної наукової літератури показав, що крокові електричні двигуни NEMA 17 використовуються у робототехніці та ще використовуються у 3D-принтерах та невеликих роботах-маніпуляторах для точного позиціонування. Переваги: висока точність без необхідності датчиків зворотного зв’язку, простота управління. Недоліки: низька швидкість, можливість пропуску кроків при перевантаженні.

Сервоприводи Dynamixel MX-28 використовуються у спеціалізованих роботах та мобільних платформах. Переваги: плавність руху, інтеграція із системами зворотного зв’язку, можливість роботи під змінними навантаженнями. Недоліки: висока вартість, складність налаштування. Безщіткові двигуни DJI E305 (BLDC) використовуються у дронах та автономних мобільних роботах. Переваги: висока енергоефективність, довговічність, низький рівень шуму. Недоліки: потреба у складних драйверах та контролерах, вища ціна порівняно з колекторними двигунами.

В умовах модернізації промисловості та розвитку оборонного сектору Україна потребує робототехнічних систем, здатних працювати в складних умовах. Використання електричних приводів у поєднанні з сучасними методами управління кінематикою та динамікою дозволяє створювати конкурентоспроможні рішення для автоматизації виробництва, аграрної сфери та військових технологій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабін Б. Е., Гузенко В. В. Аналіз методів керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем. Харків: ДБТУ, 2023. URL: https://repo.btu.kharkiv.ua/

2. Білюк І. С., Гаврилов С. О., Савченко О. В., Дорош Б. О. Аналіз динаміки системи керування робота-маніпулятора. Київ, 2012. 188 с. URL: https://www.researchgate.net/

3. Чмельов В. О. Аналіз динамічних систем. Київ: Фізматліт, 1994. 275 с. URL: https://rtf.kpi.ua/wp-content/uploads/2024/02/analiz-dynamichnyh-system-2023.pdf?utm_source=copilot.com

УДК 621.65:621.314

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСНИХ АГРЕГАТІВ СМ (IE3) ТА СМЕ (IE5)

Суржик В. В., аспірант, e-mail: surzhyk.v@nubip.edu.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Заблодський М. М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Питання підвищення енергоефективності роторного обладнання, яке споживає понад 20 % [1] виробленої електроенергії, набуло особливої актуальності в умовах глобальної енергетичної кризи, спричиненої інтенсифікацією бойових дій в Україні та на Близькому Сході. Указані події призвели до порушення традиційних логістичних маршрутів транспортування вуглеводнів і, відповідно, до зростання волатильності на енергетичних ринках.

Підвищення вартості електроенергії та посилення вимог до енергоефективності промислового обладнання зумовлюють необхідність активного впровадження енергоефективних двигунів у системах водо-, тепло- та холодопостачання. Значна частина наявних насосних установок оснащена електродвигунами класу енергоефективності IE3 або нижче, що призводить до зниження загального коефіцієнта корисної таких систем водопостачання [2].

Додатковим викликом для України стало масштабне впровадження альтернативних джерел живлення. Це, у свою чергу, актуалізувало потребу детального аналізу значень пускових струмів за відсутності частотних перетворювачів (VFD), оскільки їх невикористання може суттєво вплинути на обсяг інвестицій під час реалізації подібних проєктів.

Технічні рішення провідних світових виробників насосного обладнання демонструють тенденцію до впровадження електродвигунів класу IE5 на постійних магнітах (PM) [3].

Порівняльний аналіз CM5-8 (із двигуном IE3) та CME5-6 (з енергоефективним двигуном IE5 та вбудованим частотним перетворювачем) з однаковою вихідною потужність P2=2,2 кВт, свідчить про наступне:

3. Гідравлічна потужність: попри зменшення кількості ступенів (6 замість 8), модель CME 5-6 демонструє вищу продуктивність. Номінальна витрата зросла на 20 % (5.64 м³/год), а напір – на 7.4 % (67 м) завдяки збільшенню швидкості обертів до 3480 об/хв.

4. Енергоефективність: використання двигуна IE5 знижує споживання номінального струму на 9.8 %. Враховуючи ККД частотного перетворювача (95–97 %), загальна економія електроенергії в номінальній точці складає близько 8.3 %.

5. Габарити та матеріали: Насос став на 23.5 % легшим. Корпус CME виконаний повністю з нержавіючої сталі (на відміну від чавунного в CM), що розширює температурний діапазон експлуатації до 120 °C.

6. NPSH: через вищу швидкість обертів показник NPSH зріс на 25% (+0.5 м). Це вимагає ретельнішого контролю тиску на вході для уникнення кавітації.

Результати порівняння свідчать що перехід на технологію IE5 на зміну IE3, значно підвищує робочі характеристики насосних агрегатів, підвищує їх енергоефективність, зменшує витрати електроенергії та забезпечує інтелектуальне керування системою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Parvaresh Rizi A. Assessment of Energy Efficiency in Pump Stations of Pressurized Irrigation Systems. 2018. https://doi.org/10.22004/AG.ECON.292547

2. Henrik Lavrič, Klemen Drobnič and Rastko Fišer. Model-Based Assessment of Energy Efficiency in Industrial Pump Systems: A Case Study Approach. https://www.mdpi.com/2076-3417/14/22/10430

3. Заблодський М. М., Суржик В. В. Шляхи підвищення енергоефективності насосних агрегатів систем водопостачання з урахуванням динаміки зростання вартості електроенергії. *Енергетика і та автоматика*. 2025. Вип. 2. https://doi.org/10.31548/energiya2(78).2025.013

УДК 621.65:620.9

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ НАСОСНОЇ УСТАНОВКИ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ

Суршко Є. В., магістр, e-mail: surchkoevg@gmail.com
Науковий керівник – доц. Сотнік О. В.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні насосні установки, що широко застосовуються у водопостачанні, сільському господарстві, системах мікроклімату та технологічних процесах, за умов змінного навантаження характеризуються неефективним використанням електроенергії через переважне застосування нерегульованих електроприводів на базі асинхронних двигунів із короткозамкненим ротором та дросельних методів регулювання продуктивності, що обумовлює актуальність впровадження сучасних алгоритмів керування для адаптації режимів роботи і оптимізації енергоспоживання.

Одним із найбільш ефективних способів підвищення енергоефективності є застосування частотно-регульованого електропривода на базі перетворювача частоти. Основні переваги такого підходу: плавне регулювання швидкості обертання; зниження пускових струмів; можливість роботи в оптимальному режимі; зменшення механічних навантажень; підвищення ресурсу обладнання.

Сучасні алгоритми керування можна умовно поділити на декілька груп: 1. Класичні алгоритми. ПІД-регулювання тиску або витрати; каскадні системи керування; регулювання за зворотним зв’язком. 2. Адаптивні алгоритми: автоматичне налаштування параметрів регулятора; врахування зміни характеристик системи; оптимізація режимів у реальному часі. 3. Інтелектуальні алгоритми: нейронні мережі; нечітка логіка; генетичні алгоритми; алгоритми машинного навчання. Застосування таких алгоритмів дозволяє враховувати нелінійність процесів та невизначеність параметрів системи.

Для оптимізації енергоспоживання насосної установки доцільно використовувати узагальнену математичну модель, що враховує електромеханічні та гідравлічні характеристики системи. Цільова функція оптимізації формулюється як мінімізація інтегральних витрат електроенергії:

$$W = \int_0^T P(t)dt, \qquad (1)$$

де P(t) – миттєва споживана потужність електропривода, T – інтервал часу функціонування системи.

Мінімізація функціоналу здійснюється за умов забезпечення заданих технологічних параметрів (витрати або тиску) та дотримання експлуатаційних обмежень електропривода (допустимі значення швидкості та струму). Критеріями оптимізації виступають мінімізація енергоспоживання і втрат, забезпечення стійкості режимів роботи та зниження зносу обладнання.

Проведений аналіз засвідчив, що застосування частотно-регульованого електропривода у поєднанні із сучасними алгоритмами керування забезпечує підвищення енергоефективності насосних установок, що проявляється у зниженні енергоспоживання на 20–50 %, підвищенні коефіцієнта корисної дії, зменшенні гідравлічних втрат, покращенні якості регулювання технологічних параметрів та зниженні експлуатаційних витрат. Найбільш доцільним є використання адаптивних алгоритмів у системах зі змінними режимами навантаження.

Висновки. У результаті дослідження встановлено, що традиційні методи регулювання продуктивності насосних установок є енергетично неефективними, тоді як впровадження частотно-регульованого електропривода у поєднанні з сучасними, зокрема адаптивними та інтелектуальними алгоритмами керування, забезпечує оптимізацію режимів роботи, суттєве зниження енергоспоживання та підвищення надійності функціонування систем, що визначає перспективність їх подальшого розвитку та впровадження.

УДК 621.112.05

ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПРИВІД – РОБОЧА МАШИНА

Ташлікович В. С.[1], бакалавр, e-mail: tashlikovich2vova@gmail.com
Полізов П. Д.[2], магістр, e-mail: polizowpavlo@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.[1]
[1]Державний біотехнологічний університет
[2] Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

За останні роки для України питання підвищення ефективності енергоспоживання, реалізації політики енергозбереження, та підвищення ефективності функціонування енергетики в цілому набули особливої актуальності. Сільське господарство споживає 10 % загальної кількості електроенергії, з якої тваринництво і птахівництво 50–55 %, рослинництво 30–35 % (у тому числі зрошування – 15 %, підсобні господарства підприємств 12–15 %). У побуті та сфері послуг на освітлення та силові процеси витрачається близько 80 % споживаної електроенергії.

Мета досліджень – визначення шляхів енергозбереження у системах електропривід – робоча машина (ЕП-РМ).

Основні матеріали досліджень. Особливе значення для економії електроенергії мають питання зниження електричного навантаження в години максимуму енергосистеми. Але енергозбереження в електроприводі є частиною загального процесу ефективного використання електроенергії і визначається трьома процесами: енергоспоживанням, енерговикористанням споживаної енергії, енергоуправлінням процесу енергоспоживання.

Проаналізувавши основні напрями зниження споживання енергії можна виділити основні: перший – зниження втрат електроенергії, другий напрям – зміна технологічного процесу на основі переходу до досконаліших способів регулювання електроприводу.

Дослідивши шляхи енергозбереження в електроприводі, доведено, що реалізувати енергозбереження можливо таким чином: перейти на енергозберігаючі двигуни і двигуни поліпшеної конструкції, усунути проміжні передачі, удосконалити процеси вибору електродвигуна, економія електроенергії робочими механізмами (підвищення ефективності технологічного процесу)

Висновки. У результаті проведених досліджень встановлені основні шляхи економії енергії у електроприводі, проаналізоване впровадження нових конструктивних рішень при проектуванні енергетичного обладнання. Отримані результати підтверджують необхідність обґрунтування і вибору шляхів енергозбереження в електроприводі робочих машин в залежності від їх механічних характеристик.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропривод у питаннях і відповідях / Лисиченко М. Л., Савченко П. І., Тищенко О. К., Гузенко В. В. Харків, 2012. С. 482.

2. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підр. / за ред. Рудь А. В. Київ: Агросвіта, 2012. 432 с.

3. Техніко-економічне обґрунтування застосування машин, обладнання і технологій: навч. посіб. / Гевко Р. Б., Гладич Б. Б., Павх І. І., Соломка Т. П. Тернопіль: ТДПУ, 2002. 164 с.

УДК 621.313:628.3

ЕЛЕКТРОПРИВІД КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ З УДОСКОНАЛЕНОЮ СИСТЕМОЮ КЕРУВАННЯ

Трапєєв Р. О., студент, e-mail: rodion.ghostwire@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Міленін Д. М.
Державний біотехнологічний університет

У системах водовідведення фермерських господарств важливу роль відіграють каналізаційні насосні станції, які забезпечують транспортування стічних вод та підтримання необхідного санітарного стану виробничих об’єктів. Надійність роботи таких станцій безпосередньо впливає на екологічну безпеку та стабільність технологічних процесів.

Електроприводи насосних агрегатів працюють в умовах змінного навантаження, що обумовлено нерівномірним надходженням стічних вод. Використання нерегульованих електроприводів призводить до перевитрат електроенергії, підвищених пускових струмів та прискореного зносу обладнання.

Модернізація системи керування електроприводом передбачає впровадження частотно-регульованого керування асинхронними двигунами, що дозволяє змінювати продуктивність насосів відповідно до фактичного навантаження. Це забезпечує плавний пуск, зменшення механічних навантажень та підвищення надійності роботи системи.

Особливістю каналізаційних систем фермерських господарств є необхідність роботи в автоматичному режимі з урахуванням рівня стічних вод у приймальних резервуарах. Використання датчиків рівня та систем автоматичного керування дозволяє реалізувати ефективні алгоритми включення та регулювання насосів, що забезпечує стабільну роботу станції.

Для оцінки ефективності модернізованої системи керування доцільним є застосування математичного моделювання електропривода, що дозволяє дослідити перехідні процеси, режими пуску та зміну навантаження. Це дає можливість оптимізувати параметри системи та підвищити її енергоефективність.

Використання сучасних частотно-регульованих електроприводів забезпечує зниження споживання електроенергії, підвищення ресурсу насосного обладнання та зменшення витрат на технічне обслуговування. Це є важливим фактором підвищення економічної ефективності фермерського господарства.

Додатковим напрямом модернізації є впровадження систем моніторингу та диспетчеризації роботи насосної станції. Використання сучасних контролерів і засобів зв’язку дозволяє здійснювати дистанційний контроль параметрів роботи електропривода, своєчасно виявляти відхилення та запобігати аварійним ситуаціям. Це підвищує надійність функціонування системи та зменшує витрати на обслуговування.

Важливим аспектом є також оптимізація алгоритмів керування з урахуванням енергетичних характеристик насосного обладнання. Реалізація адаптивних режимів роботи електропривода забезпечує мінімізацію споживання електроенергії при змінних навантаженнях, що є особливо актуальним для фермерських господарств. Це дозволяє досягти раціонального використання енергоресурсів та підвищити загальну ефективність системи водовідведення.

Додатково модернізація системи керування сприяє підвищенню екологічної безпеки за рахунок стабільної роботи каналізаційної системи та запобігання аварійним ситуаціям. Застосування автоматизованих рішень дозволяє забезпечити безперервний контроль та адаптацію режимів роботи насосної станції до змінних умов експлуатації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Костенко М. П., Піотровський Л. М. Електричні машини: підручник. Київ: Вища школа, 2004. 680 с.

УДК 621.313

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ В АСИНХРОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ НА ВИРОБНИЦТВІ

Чуйко Є. В., бакалавр, e-mail: chuiko95zheka@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Через простоту конструкції та надійність, асинхронний електропривід став найпоширенішим типом серед промислових приводів, а спожита ним електроенергія становить 50...70 % від загальноспожитої на підприємстві.

Коефіцієнт корисної дії асинхронного приводу невеликий і становить близько 75…85 % в номінальному режимі роботи, а при недовантаженні значною мірою знижується і сягає 40..50 %. Така становище призводить до різкого зростання енергоспоживання, забруднення електромереж реактивними струмами, зниження терміну служби та надійності електродвигунів та інших супутніх проблем. На споживання електроенергії електродвигуном впливає величина втрат енергії у всьому електроприводі. На жаль, понад 90 % електродвигунів є нерегульованими, що призводить до неефективного витрачання електроенергії, обсяг якої, досягає 30 % від загального споживання. Чим більша потужність електродвигуна, тим вище вимоги до енергетичних характеристик самого приводу. Так, енергоефективність приводів потужністю понад 10 кВт залежить від принципу формування напруги живлення і алгоритму управління асинхронним трифазним електродвигуном.

Основною метою енергозаощадження є розгляд перспектив проєктування асинхронних двигунів з підвищеними енергетичними показниками для забезпечення максимального енергозбереження всього електропривода.

Для досягнення цієї мети необхідно виконати наступне:

- підбір найбільш відповідного методу підвищення енергетичних показників асинхронного двигуна;
- проведення дослідження з конкретним двигуном;
- організація аналізу отриманих результатів.

Наразі можна виділити чотири основні напрями розвитку технологій підвищення енергетичних показників, які застосовуються для мінімізації втрат в асинхронному електроприводі у виробництві.

1. Підвищення ефективності використання електроенергії за допомогою створення ефективних систем керування живленням електроустановок.
2. Зниження втрат електричної енергії при її перетворенні на механічну та передачу в зону обробки.
3. Раціональний розподіл реактивної складової споживаної електричної енергії.
4. Підбір, на етапі підготовки виробництва, устаткування з мінімальним запасом потужності, тобто з номінальною потужністю, що відповідає еквівалентній потужності технологічних процесів, що реалізуються на ньому.

Замість цих чотирьох методів, можна віддати перевагу ще одному найбільш прийнятному способу, тобто зниження втрат електричної енергії на етапі проектування, при модернізації асинхронного двигуна з підвищеними енергетичними показниками.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.
2. Лут М. Т., Синявський О. Ю. Зниження втрат енергії в асинхронних електроприводах. *Енергетика і автоматика*. 2013. № 3. С. 144–149.

УДК 628.87

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ НА ЗЕРНОПРИЙМАЛЬНОМУ ПУНКТІ

Шалімов Д. О., бакалавр, e-mail: dima121212qw@gmail.com
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Основним завданням вентиляції є забезпечення нормативних значень мікроклімату в приміщенні. Вентиляція усуває ряд шкідливих впливів, до них належить: надлишкова теплота, волога, пари хімічних речовин та гази, пил. Існує 11 видів вентиляції:

1. Природна, обумовлюється силою вітру та різницею температур внутрішнього та зовнішнього повітря. Повітряний потік чинить на одну зі сторін будівлі тиск і нагнітає в приміщення повітря, а з підвітряного боку повітря видаляється з приміщення за рахунок розрідження.
2. Механічна, при даному виді вентиляції застосовують механічні прилади (вентилятори, повітронагрівачі, пиловловлювачі та ін), які примусово нагнітають повітря в приміщення.
3. Витяжна, передбачає видалення з приміщення забрудненого або нагрітого, але вже відпрацьованого повітря.
4. Припливно-витяжна, вид механічної вентиляції, який служить для подачі чистого повітря та примусового видалення забрудненого із приміщення.
5. Канальна вентиляція, повітря рухається через розгалужену систему повітропроводів.
6. Місцева витяжна, така вентиляція використовується в місцях виділення шкідливих речовин, для припинення їх швидкого поширення по всій території приміщення.
7. Місцева припливна, для подачі свіжих повітряних мас до робочої зони.
8. Загальнообмінна припливна, поступово забезпечує повітрообмін у всьому приміщенні.
9. Загальнообмінна витяжна, вентилятори розташовані в отворах стін або вікон, видаляють повітря із найближчих до вентиляторів зон.
10. Аварійна вентиляція, вмикається автоматично при виникненні небезпечних ситуацій (витік газу, пожежа).
11. Вентиляція з рекуперацією, припливно-витяжна система, яка нагріває холодне вуличне повітря теплом витяжного повітря, економлячи енергію.

У багатьох випадках використовують так звану змішану вентиляцію, яка поєднує в собі одночасно припливну та витяжну вентиляцію. У будь-якому конкретному проекті встановлюється який вид вентиляції є оптимальним, відповідно до санітарно-гігієнічних стандартів, а також, який є найбільш технічно та економічно раціональним.

Конструкція місцевої витяжки повинна забезпечити максимальне вловлювання шкідливих виділень при мінімальній кількості вилученого повітря. Крім того, вона не повинна бути громіздкою та заважати обслуговуючому персоналу працювати і наглядати за технологічним процесом. Основними чинниками при виборі типу місцевої витяжки є характеристики шкідливих виділень (температура, густина парів, концентрація пилу), положення робітників при виконанні роботи, особливості технологічного процесу та розташування устаткування.

Робота на зерноприймальному пункті супроводжується високою концентрацією органічного пилу, що створює два основні ризики: вибухонебезпечність та загроза здоров'ю. Для забезпечення нормативних значень чистоти повітря потрібне обов'язкове встановлення потужних витяжок у місцях пересипання зерна та механічну припливну вентиляцію, яка буде створювати активний повітрообмін в приміщенні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільїчов, Ю. М. Хандола. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.

УДК 631.362

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ АСПІРАЦІЇ ЗЕРНОВОЇ НОРІЇ

Шепелєв Р. М., бакалавр, e-mail: ShepelevR@ukr.net
Науковий керівник – доц. Хандола Ю. М., e-mail: xandola@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Рухомі елементи транспортерів створюють в каналах переміщення сипких матеріалів перепади тиску та потоки повітря, які разом із пилом надходять у робочі зони приміщень. У горизонтальних механічних транспортерах найбільш характерними осередками пилоутворення є вузли пересипання матеріалу з конвеєра на конвеєр, з дробарок на конвеєр, живильника на конвеєр, з конвеєра до складу. В каналах транспортера виникає надлишковий тиск, що призводить до інтенсивного видавлювання пилу в приміщення, через нещільність конструкції. На елеваторах утворення пилу відбувається внаслідок недосконалості процесу транспортування. Отже, застосування аспіраційних систем є невід'ємною частиною процесу транспортування сипких матеріалів. Тому експлуатаційні витрати повинні враховувати: витрати енергії на аспірацію, витрати на ремонт та обслуговування аспіраційних систем.

Недоліком вітчизняних систем аспірації є повернення уловленого пилу на стрічку, яка з великою ймовірністю перейде у виважений стан у наступному коробі пересипання, або при скиданні до складу. Це призводить до накопичення дрібного пилу в приміщеннях та відповідно, значного погіршення умов праці, запилення вузлів промислового обладнання, збільшення ризику вибуху легкозаймистого пилу. За централізованої системи аспірації витрати повітря становлять сотні тисяч кубів. Якщо аспірація відсутня, то запилене повітря, що проривається з пересипних вузлів, поширюється по всіх приміщеннях, і концентрація пилу перевищує норми.

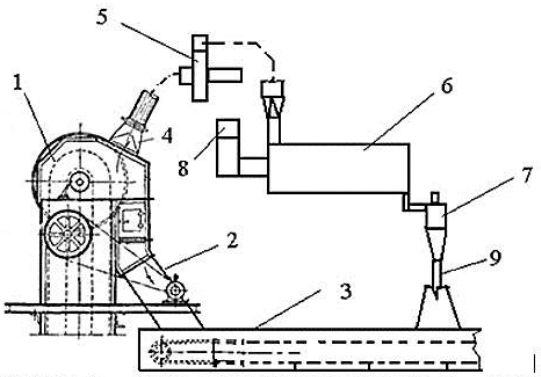


Рисунок 1 - Схема аспірації головки норії: 1 - верхня головка норії, 2 - зернопровід, 3 - транспортер, 4 - пиловідвідний патрубок, 5 - вентилятор, 6 - концентратор, 7 - пиловловлювач, 8 - вихід очищеного повітря, 9 - уловлений пил.

Норії – це найпоширеніші машини для вертикального зерна. Рух матеріалу передбачає його пересипання з ковшів на транспортер. Пиловидні частинки, що рухаються довільно, накопичуються в корпусі норії і потрапляють у розвантажувальний короб. Зерно, яке вивантажується з ковшів, разом з повітрям захоплює пиловидні частинки і викидає їх із зернопровода. Цілі зернини попадають на транспортер, а пил за відсутності герметизації та аспірації надходить у навколишнє середовище. Зазвичай система аспірації розташована біля черевика норії, але практика показує, що пил починає поширюватися з її верхньої частини, тому аспірація має бути установлена в голівці, рисунок 1. Розроблена система аспірації, всмоктує вентилятором 5, разом з повітрям дрібні частинки та переміщує в концентратор 6. Пил осідає в пиловловлювачі 7 і вивантажується на транспортерну стрічку, а надлишкове повітря очищається та видаляється через трубу 8, при цьому усувається явище накопичення пилу в коробах. При зменшенні кількості пилу у виробничих приміщеннях: покращується якість повітря, зменшується ризик хронічних хвороб органів дихання та алергічних реакцій у персоналу, знижується ймовірність загоряння та вибуху легкозаймистого пилу, зменшується знос, перегрів та поломки обладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов. Київ: Аграрна освіта, 2010. 557 с.

УДК 621.362.7

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ПРАВИЛ БЕЗПЕКИ ТЕХНІЧНОГО ПЕРСОНАЛУ НА ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЯХ

Шевченко М. Д., бакалавр, e-mail: shewchenkow@gmail.com
Патока І. О., бакалавр, e-mail: vanya2patoka@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Гузенко В. В.
Державний біотехнологічний університет

Важливим моментом в комплексі заходів, спрямованих на вдосконалення умов праці є заходи з охорони праці. Цим питанням з кожним роком приділяється все більше уваги, тому що турбота про здоров'я людини стала не тільки справою державної ваги, але й елементом конкуренції роботодавців у питанні залучення кадрів [1].

Мета роботи – дослідити правила безпеки технічного персоналу на трансформаторних підстанціях та дотримання правил безпеки на практиці.

Сучасні сухі трансформатори надійні і прості в експлуатації, вони не передбачають додаткових витрат на обслуговування. Сухі трансформатори можуть бути встановлені там, де є підвищені вимоги до екології та охорони навколишнього середовища [2]. А саме найголовніше – сухі трансформатори дозволяють значно економити кошти.

Важливими діями в забезпеченні охорони праці при роботі з сухими трансформаторами є випробування ізоляції. Вона включає: приймально-здавальні випробування (випробування обмоток на стійкість до впливу імпульсних перенапруг). Заземлення корпусів трансформаторів має бути виконане згідно з правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Заземлення і захисні відключення – все це як системний вид захисту забезпечує безпеку при дотику до неструмоведучих частин, що випадково опинилися під напругою. Ремонтні, монтажні, налагоджувальні, будівельні та інші роботи, що виконуються при монтажі сухих трансформаторів, інших електроустановок, щодо заходів безпеки діляться на три категорії: роботи зі зняттям напруги; роботи без зняття напруги; роботи під напругою.

Роботи зі зняттям напруги виконують при повному або частковому відключення електроустановки. А при роботах з частковим відключенням, працюючий не повинен наближатися до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, на відстані менше вказаних в табл.1.

Таблиця 1 – Найменші допустимі відстані від людей і вживаних ними інструментів і пристосувань, а також від тимчасових огороджень до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою вище 1000 В

Напруга електроустановки, кВ	До 10	10-35	60-110	150	220	330	400-500	750
Найменша допустима відстань, м.	0,6	0,6	1	1,5	2	2,5	3,5	5,0

Саме сукупність необхідних заходів технічного персоналу, спрямованих на забезпечення електробезпеки, пожежної безпеки, і захисного запобігання аварійних режимів є їх невід'ємною частиною обов'язків. Прийняття таких дій відповідно до ПУЕ забезпечить надійність, а найголовніше – безпеку персоналу при роботі з сухими трансформаторами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропривод у питаннях і відповідях / Лисиченко М. Л., Савченко П. І., Тищенко О. К., Гузенко В. В. Харків, 2012. С. 102–182.

2. Красник В. П. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Вид. 3-тє, переробл. і доп. Тернопіль: Підручники і посібники, 2010. 736 с.

UDC 519.6:615.4:636

MODELING OF DRUG DISTRIBUTION IN ANIMAL TISSUES

Jānis Bērziņš, bachelor student, e-mail: janis.berzins@edu.rtu.lv
Scientific advisor – D. of Techn. Sc. Andris Ozoliņš
Riga Technical University

The effectiveness of animal treatment largely depends on the distribution of drugs within biological tissues. Insufficient drug concentration in the target area or its uneven distribution can lead to reduced therapeutic effect or the occurrence of side effects. Therefore, the use of mathematical modeling methods, which allow prediction of drug transport and accumulation in tissues without conducting complex experiments, is highly relevant [1, 2].

In modern studies, diffusion and convective-diffusion models are widely applied to describe drug transport in biological media [2]. The basis of these models is the diffusion equation, which accounts for the concentration gradient and the properties of the medium. Multicompartment models, describing exchanges between different tissues of the organism, are also considered [3]. Special attention is given to the influence of perfusion, cellular membrane permeability, and drug binding to proteins [4]. Despite the large number of studies, the problem of accurate modeling that accounts for individual characteristics of animals remains unresolved [5].

The aim of this work is to investigate drug distribution processes in animal tissues using mathematical modeling and to analyze the influence of key parameters on concentration profiles. The distribution of a drug within tissue can be described by the diffusion equation:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D\frac{\partial^2 C}{\partial x^2},$$

where C – is the substance concentration, D – is the diffusion coefficient, x – represents the spatial coordinates, t – is time.

This equation allows describing the process of drug penetration into tissue after administration. The solution of the equation takes the form of a distribution close to normal (Gaussian), reflecting a decrease in concentration with increasing distance from the source. Figure 1 shows the results of modeling drug distribution in tissue at different time points (1D profile).

For more illustrative visualization, a 2D heat map of concentration distribution was used (Figure 2), showing how the drug diffuses within the tissue plane and reflecting the concentration gradient from the center of administration.

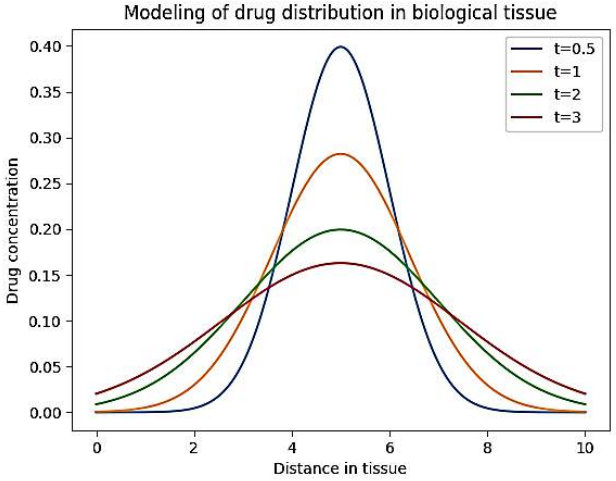


Figure 1 – Drug concentration distribution in tissue over time (1D)

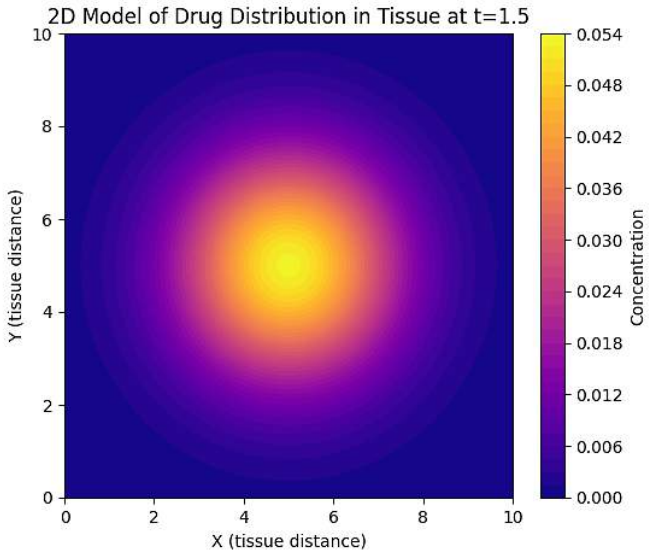


Figure 2 – 2D model of drug distribution in tissue (t=1.5), plasma colormap

Analysis of the obtained results shows that, over time, the concentration profile becomes more uniform, while the maximum concentration decreases due to diffusive dispersion. This corresponds to the physical nature of the process and confirms the adequacy of the model.

An important factor is the diffusion coefficient, which depends on the type of tissue, its density, and water content. In soft tissues, diffusion occurs more rapidly than in dense structures, such as bone tissue. Blood flow also has a significant effect, as it can accelerate substance transport and alter the concentration distribution.

For a more accurate description of the process, advanced models may be applied, taking into account: biochemical reactions; drug binding to cellular structures; tissue heterogeneity; and the presence of barriers (membranes).

Key challenges in modeling include the complexity of determining model parameters, variability of biological tissue properties, and limited experimental data for model verification [5].

Further development of drug distribution models is associated with the use of numerical modeling methods, machine learning, and the creation of personalized models for specific animals. Combining mathematical models with experimental data obtained using modern biosensors and imaging techniques allows improving the accuracy of predictions and the effectiveness of treatment [3].

Conclusions. Mathematical modeling of drug distribution in animal tissues demonstrates that concentration profiles are determined by the parameters of the medium and the conditions of drug administration. The use of 2D visualization enables a clear assessment of concentration gradients and optimization of therapeutic regimens. Further development of models and the application of modern numerical methods will contribute to increased treatment efficiency in veterinary medicine.

REFERENCES

1. Saltzman W. M. Drug Delivery: Engineering Principles for Drug Therapy. – Oxford: Oxford University Press, 2001. – 400 p.

2. Crank J. The Mathematics of Diffusion. – Oxford: Clarendon Press, 1975. – 414 p.

3. Tofts P. Quantitative MRI of the Brain: Measuring Changes Caused by Disease. – Chichester: Wiley, 2003. – 700 p.

4. Jain R. K. Transport of molecules in the tumor interstitium: a review // Cancer Research. – 1987. – Vol. 47. – P. 3039 – 3051.

5. Peppas N. A., Narasimhan B. Mathematical models in drug delivery: How modeling has shaped the way we design new drug delivery systems // Journal of Controlled Release. – 2014. – Vol. 190. – P. 75 – 81.

UDK 621.39:616.61

USE OF HYDROGELS IN TISSUE REGENERATION OF HUMANS AND ANIMALS

Nurlan Aitzhanov, Bachelor student, e-mail: nurlan.aitzhanov@kaznu.kz
Scientific advisor – Ph.D., Associate Professor, Erlan Serikbayev
Al-Farabi Kazakh National University

Hydrogels are a promising class of biomaterials that find broad applications in modern regenerative medicine and veterinary practice. They form three-dimensional polymer networks capable of retaining significant amounts of water and biologically active substances, creating physicochemical similarity to the natural extracellular matrix. Such a structure provides a favorable environment for cell adhesion, proliferation, and differentiation, which is critically important for the repair of damaged tissues [1, 3]. Structurally, hydrogels consist of polymer chains crosslinked through physical or chemical bonds, forming a porous network with a high degree of hydration.

This enables efficient transport of oxygen, nutrients, and biologically active molecules to the cells embedded within the material. Physicochemical properties, such as swelling capacity, mechanical elasticity, and biodegradability, determine the effectiveness of hydrogels in regenerative procedures. High water content facilitates molecular diffusion but affects the mechanical strength of the material. Controlling the degradation rate allows synchronization of material breakdown with the growth of new tissue [2, 4].

One of the key applications of hydrogels is the creation of controlled drug delivery systems. The hydrogel acts as a matrix from which the active substance gradually diffuses into the surrounding tissues. The diffusion process is governed by the concentration gradient, pore morphology, and interactions between the drug molecules and the polymer network. This enables prolonged drug action and reduces the frequency of administration, which is particularly important in the treatment of chronic wounds, in cartilage and bone tissue regeneration, as well as in combination with cell-based therapies [5, 3]. Hydrogels are also used as scaffolds for tissue engineering. They provide favorable conditions for cell growth and proliferation, which subsequently form new tissue. The type of polymer, its porosity, and biocompatibility determine the effectiveness of cell growth and material integration into the tissue. Hydrogels can be natural, such as collagen or alginate, synthetic (polyacrylamide, PEG), or composite, allowing the combination of mechanical strength with high biocompatibility and enabling regulation of the material's physicochemical properties [2, 4].

Practical application of hydrogels involves their introduction into damaged tissue via injection or implantation. After administration, the hydrogel fills the defect, supports new cell growth, and gradually integrates into the tissue. This process is most clearly illustrated in Figure 1. The comprehensive scheme demonstrates the entire process from tissue defect to restoration, highlighting mechanical support, transport of biologically active molecules, and stimulation of cellular growth.

Hydrogels have significant potential in the regeneration of complex tissues because they create a three-dimensional microenvironment similar to the extracellular matrix, promoting proliferation and differentiation [1, 3]. They allow controlled delivery of biologically active molecules, such as growth factors or drugs, providing prolonged therapeutic effects [5]. Synthetic and composite hydrogels can be modified to tailor their mechanical and physicochemical properties, such as elasticity, porosity, and degradation rate, enabling material customization for specific tissue types or clinical needs [2, 4]. The possibility of injectable administration reduces patient trauma, and combining hydrogels with cell therapy opens prospects for personalized treatment of complex pathologies.

At the same time, hydrogel application has certain limitations. Natural materials, such as collagen or alginate, are characterized by low mechanical strength, limiting their use in load-bearing tissues [3]. There is a risk of immune reactions or local inflammation when using insufficiently

purified or modified materials [5]. Furthermore, controlling the degradation rate of the material is challenging, as premature hydrogel breakdown or accumulation of residual material can reduce regenerative effectiveness [2]. Synthetic and composite hydrogels enriched with cells or growth factors require complex manufacturing and specialized storage conditions, which increases costs and limits widespread application [1].

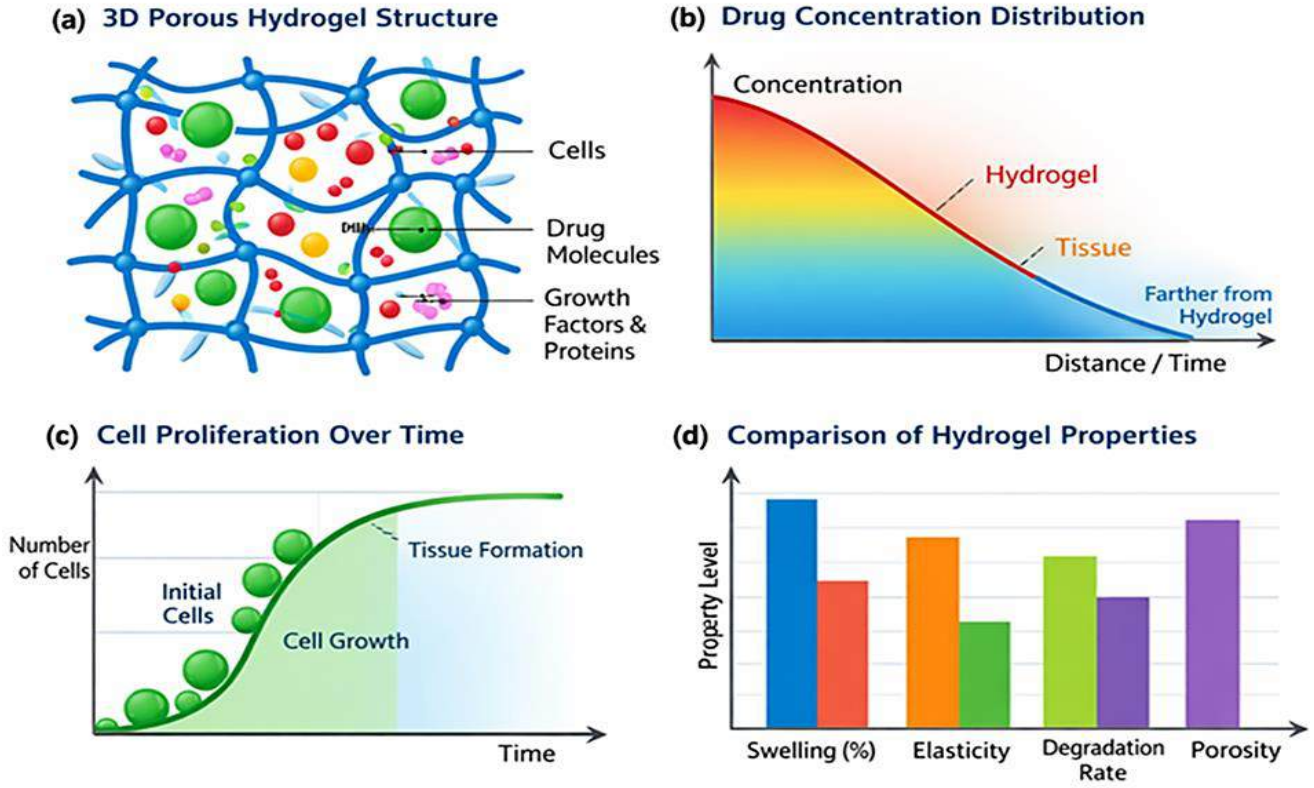


Figure 1 – Hydrogel implantation into damaged tissue and subsequent tissue regeneration (main figure with 4 subpanels):
a) Damaged tissue before hydrogel implantation, b) Hydrogel administration into the tissue defect, c) Encapsulation of cells and distribution of biologically active substances within the hydrogel, creating a favorable microenvironment, d) Integration of the hydrogel into the tissue and initiation of the regeneration process, formation of new tissue.

Thus, hydrogels combine unique physicochemical and biological properties, provide mechanical support to tissues, enable controlled delivery of biologically active substances, and create optimal conditions for cell growth. Further development of hydrogel synthesis and modification technologies opens new prospects for their application in complex clinical cases and advanced clinical models.

REFERENCES

1. Peppas N. A., Hilt J. Z., Khademhosseini A., Langer R. Hydrogels in biology and medicine: From molecular principles to bionanotechnology // *Advanced Materials*. – 2006. – Vol. 18, № 11. – P. 1345–1360.

2. Caló E., Khutoryanskiy V. V. Biomedical applications of hydrogels: A review of patents and commercial products // *European Polymer Journal*. – 2015. – Vol. 65. – P. 252–267.

3. Ahmed E. M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications // *Journal of Advanced Research*. – 2015. – Vol. 6, № 2. – P. 105–121.

4. Li J., Mooney D. J. Designing hydrogels for controlled drug delivery // *Nature Reviews Materials*. – 2016. – Vol. 1. – P. 16071.

5. Hoffman A. S. Hydrogels for biomedical applications // *Advanced Drug Delivery Reviews*. – 2012. – Vol. 64. – P. 18–23.

УДК 615-47

ВПЛИВ ФІЗІОЛОГІЧНИХ СПРОМОЖНОСТЕЙ ЛЮДИНИ ПРИ ОЦІНЦІ СТУПЕНЯ ПОРУШЕННЯ НОСОВОГО ДИХАННЯ

Аврунін О. О., магістр, e-mail: oleksandr.avrunin@nure.ua
Привалов Б. В., здобувач 3-го рівня освіти, e-mail: bohdan.pryvalov@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Носова Т. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Дихальна система людини складається з багатьох взаємопов'язаних відділів, з яких найбільш поширеними є відокремлення верхніх та нижніх дихальних шляхів [1]. Найбільш природним і повністю фізіологічно обґрунтованим є режим носового дихання, порушення якого призводить до збільшення коефіцієнта аеродинамічного носового опору повітряному потоку [2]. Величина цього коефіцієнту визначається методами риноманометрії та може на основі відмінності від умовної вікової та гендерної норми свідчити про порушення аеродинаміки носу при диханні [2, 3]. Але при цьому залишається невирішеною проблема в встановленні індивідуальної фізіологічної норми, що дозволяє усунути вплив можливих захворювань нижніх дихальних шляхів.

Тому, окрім стандартної активної риноманометрії [3, 4], яка визначає носовий повітряний опір у верхніх дихальних шляхах, доцільно проводити тестування ротового дихання, що характеризує саме спроможність створювати відповідний перепад тиску та витрату повітря в нижніх дихальних шляхах [5, 6]. Враховуючи, що перепади тиску на рівні легенів та в ротовій порожнини суттєво відрізняються, а витрата повітря є постійною, доцільно провести порівняння значень витрат повітря при носовому та ротовому диханні з визначенням їх відношення в якості відповідного коефіцієнту. Цей коефіцієнт і буде показувати наскільки саме буде утруднене дихання через носову порожнину. Крім того, такі дослідження також дозволять виявити базові фізіологічні показники дихання і підвищити достовірність діагностики [4, 6] порушень носового дихання, що також важливо при форсованому режимі дихання під час фізичних тренувань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аврунін О. Г., Носова Я. В., Семенець В. В., Філатов В. О., Шушляпіна Н. О. Сучасні методи діагностики респіраторно-ольфакторної функції. Харків: ХНУРЕ, 2021. 150 с.

2. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодянський Є. В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія [за ред. С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.

3. Avrunin O., Nosova Y., Shushliapina N., Abdelhamid I. Y., Avrunin O. and Bielianinova G. Determination of the Nasal Dilators Effectiveness From Posterior Active Rhinomanometry Data During Forced Breathing. *2023 IEEE 4th KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. Kharkiv, Ukraine, 2023. Pp. 1–4. doi: 10.1109/KhPIWeek61412.2023.10312888.

4. Аврунін О. О., Носова Я. В., Шушляпіна Н. О. Засоби для визначення пневматичної потужності при диханні людини. *Актуальні задачі медичної, біологічної фізики та інформатики: матеріали доповідей та виступів всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю*, 27 квітня 2022 р. Вінниця: Едельвейс, 2022. С. 20–22.

5. Деякі особливості доказового тестування носового дихання / Б. В. Привалов, Д. Е. Лебедєв, Ібрагім Юнусс Абделхамід, О. О. Аврунін, Н. О. Шушляпіна. *Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.*, 6 листопада 2024 р. Харків: Держ. біотехнологічний ун-т, 2024. С. 245–246.

6. Носова Я. В., Шушляпіна Н. О., Аврунін О. О. Особливості застосування назальних розширювачів під час фізичних тренувань. *Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти: ІІІ Міжнар. наук.-практ. конф*. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. С. 203–207.

УДК 621.313.8: 631.53.027

ВПЛИВ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ПОСІВНІ ЯКОСТІ НАСІННЯ ЗЕРНОБОБОВИХ КУЛЬТУР

Антонюк А. О., магістр, e-mail: eee25-a.antoniuk@nubip.edu.ua
Науковий керівник – доц. Савченко В. В.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Нині відомі приклади успішного засосування передпосівної обробки насіння зернобобових культур в магнітному полі при невеликих значеннях магнітної індукції. Проведені дослідження з впливу магнітного поля на насіння сільськогосподарських культур показали, що передпосівна обробка насіння в магнітному полі сприяє покращенню посівних якостей насіння [1], росту і розвитку рослин, урожайності сільськогосподарських культур, біохімічних і фізіологічних процесів, зменшенню захворюваності рослин [2].

Більшість дослідників пов'язують всі ефекти, які відбуваються в насінні, з впливом магнітного поляна водні розчини, які знаходяться в клітині.

Мета дослідження – встановлення впливу магнітного поля на посівні якості насіння зернобобових культур при передпосівній обробці.

Стимуляція насіння пов'язана зі зміною швидкості хімічних і біохімічних реакцій, які відбуваються в клітині. Під дією магнітного поля зростає розчинність солей і кислот, які знаходяться в клітині. Зміна швидкості та рівноваги хімічних реакцій під дією магнітного поля, а також розчинності солей та кислот призводять до зміни pH клітинного середовища та біопотенціалу насіння. Магнітне поле сприяє підвищенню проникливості біологічних мембран, що обумовлює зростання швидкості дифузії молекул і іонів через мембрану. Дія сили Лоренца на іони, а також зростання проникливості клітинної мембрани сприяє посиленню транспорту іонів через клітинну мембрану. При цьому зростає питома електропровідність клітинного розчину.

Ефект магнітної обробки насіння залежить від квадрата магнітної індукції та швидкості руху насіння в магнітному полі.

Експериментальні дослідження проводили з насінням гороху сорту «Адагумський» та квасолі сорту «Грибовський».

За результатами проведених досліджень встановлено, що при зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл енергія проростання та схожість насіння зростають, а при подальшому збільшенні магнітної індукції починають зменшуватися. При магнітній індукції, що перевищує 0,13 Тл, енергія проростання та схожість насіння змінюються несуттєво, але є більшими, ніж в контролі. Збільшення швидкості руху насіння зменшує ефект магнітної обробки.

На ефект магнітної обробки впливає також градієнт магнітного поля (полюсна поділка). Встановлено, що полюсна поділка є менш суттєвим фактором, ніж магнітна індукція. У межах її зміни 0,23±0,09 м енергія проростання насіння змінюється не більше, ніж на 3 %, а схожість – 5 %.

При передпосівній обробці насіння у магнітному полі з індукцією 0,065 Тл, чотирикратному перемагнічуванні, полюсній поділці 0,23 м і швидкості руху насіння 0,4 м/с енергія проростання енергія проростання насіння гороха збільшувалася на 54 %, квасолі – 26 %, а схожість – відповідно на 30 % і 20 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Maffei M.E. Magnetic field effects on plant growth, development, and evolution. *Front. Plant Sci.* 2014; 5:445

2. Kozyrskyi V., Savchenko v., Sinyavsky O. The Processing of Irrigation Water and Artificial Fertilizer Solutions in Magnetic Field. *International Journal of Energy Optimization and Engineering*. 2020. Vol. 9(4). P. 74-83.

УДК 616.12, 621.396.969

ВПЛИВ НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ НА ПОКАЗНИКИ ІМУНІТЕТУ

Баштовий В. Б., бакалавр, e-mail: v88376038@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.
Державний біотехнологічний університет

Оцінка біологічного впливу надвисокочастотного (НВЧ) випромінювання на показники імунітету є важливою темою в галузі біомедичних досліджень та радіобіології. НВЧ-випромінювання використовується в таких сферах, як зв'язок, медична діагностика та терапія. Вплив НВЧ-випромінювання на організм може бути як позитивним, так і негативним.

Щоб оцінити вплив НВЧ на імунітет, розглядають різні механізми взаємодії, тобто НВЧ-випромінювання може взаємодіяти з клітинами та тканинами, викликаючи при цьому теплові та нетеплові ефекти. Необхідні дослідження для розуміння, які саме механізми впливають на імунні процеси. Наприклад, це може бути зміна температури або електромагнітні взаємодії.

Важливі дослідження щодо змін в імунній відповіді. Такі дослідження показують, що мікрохвильове випромінювання може змінювати функції різних клітин імунної системи, таких як лімфоцити та макрофаги.

Імунні реакції можуть залежати від дози мікрохвильового випромінювання, це так звані дозозалежні ефекти. Необхідні дослідження для визначення порогових значень, вище яких починається негативний вплив на імунітет.

Якщо виконується вплив мікрохвильового випромінювання протягом довгого часу, то він може призвести до значних змін в імунній системі. Дослідження повинні враховувати такий хронічний вплив та його наслідки для здоров'я.

Для оцінки впливу мікрохвильового випромінювання на імунітет можуть використовуватися як *in vitro*, так і *in vivo* моделі.

Необхідно враховувати вплив факторів навколишнього середовища, таких як температура, стрес та загальний стан здоров'я, тому що вони можуть впливати на імунні реакції.

До біомедичних параметрів, які визначають характер впливу, відносяться:

- частота випромінювання (різні частоти мають різну біологічну активність);
- потужність і щільність потоку енергії;
- тривалість експозиції;
- режим опромінення (безперервний або імпульсний).

При низьких дозах часто спостерігається стимулюючий ефект. Це гормезис, тобто стимулююча дія помірних доз стресорів. Помірні, контрольовані дози стресу чи токсинів приносять користь організму, активуючи його адаптаційні механізми, підвищуючи стійкість та стимулюючи оновлення клітин. У малих дозах стресор зміцнює систему, тоді як високі дози зазвичай призводять до пригнічення імунних функцій.

Дослідження в області впливу НВЧ-опромінювання на імунітет продовжуються, і результати бувають різними в залежності від експериментальних умов та досліджуваних моделей.

Оцінка біологічного впливу мікрохвильового випромінювання на імунітет вимагає комплексного підходу, що включає як експериментальні методи, так і клінічні дослідження. Знання про взаємодію мікрохвиль та імунної системи допоможуть розробити безпечні норми та рекомендації щодо мінімізації ризиків для здоров'я.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Tan S., Wang H., Peng R. A review on combined biological effects of microwave and other physical or chemical agents. *International Journal of Radiation Research*. April 2018. Volume 16. No 2. P. 139–153.

УДК 631.22:681.5

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Бєгунков Д. Д., бакалавр, e-mail: begunkov@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

В умовах інтенсивного розвитку тваринництва важливим фактором підвищення продуктивності та якості продукції є забезпечення оптимальних параметрів мікроклімату у тваринницьких приміщеннях. До основних параметрів мікроклімату належать температура повітря, вологість, швидкість руху повітря, концентрація шкідливих газів (аміаку, вуглекислого газу) та рівень освітлення. Відхилення цих параметрів від нормативних значень негативно впливає на фізіологічний стан тварин, знижує їх продуктивність і може призводити до захворювань.

Традиційні системи вентиляції та обігріву, що застосовуються у тваринницьких приміщеннях, часто працюють у нерегульованих або напіврегульованих режимах, що зумовлює значні перевитрати енергоресурсів і недостатню адаптацію до змінних умов зовнішнього середовища. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває розробка енергоефективних систем автоматизованого керування мікрокліматом, здатних забезпечувати оптимальні умови утримання тварин при мінімальних витратах енергії.

Сучасні системи автоматизованого керування мікрокліматом базуються на використанні датчиків температури, вологості, газового складу повітря, а також виконавчих механізмів, таких як вентилятори, нагрівачі, зволожувачі та системи охолодження. Центральним елементом є контролер, який обробляє інформацію з датчиків і формує керуючі сигнали відповідно до заданих алгоритмів. Завдяки цьому забезпечується безперервний моніторинг стану середовища та оперативне реагування на зміни параметрів [1].

Енергоефективність таких систем досягається шляхом оптимізації режимів роботи обладнання. Зокрема, використання регульованих електроприводів дозволяє змінювати продуктивність вентиляторів залежно від потреби у вентиляції, що значно знижує споживання електроенергії. Крім того, застосування інтелектуальних алгоритмів керування, зокрема адаптивних та прогнозуючих, дає змогу враховувати не лише поточні значення параметрів, але й тенденції їх зміни [2].

Важливим аспектом є також інтеграція систем мікроклімату з іншими інженерними системами ферми, що дозволяє створити єдину автоматизовану систему управління. Це сприяє підвищенню надійності роботи обладнання, зменшенню впливу людського фактору та забезпеченню стабільних умов утримання тварин.

Таким чином, розробка та дослідження енергоефективної системи автоматизованого керування мікрокліматом тваринницьких приміщень є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення продуктивності тваринництва, зниження енергетичних витрат та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 387 с.

2. Мартиненко І. І., Головінський Б. Л., Лисенко В. П. та ін. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 1995. 412 с.

УДК 616.1

ТКАНИННА ІНЖЕНЕРІЯ ТА РЕГЕНЕРАТИВНА МЕДИЦИНА

Білий А. В., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасна медицина дедалі більше орієнтується не лише на лікування симптомів, а й на відновлення пошкоджених тканин і органів. У цьому контексті особливого значення набувають тканинна інженерія та регенеративна медицина — міждисциплінарні напрями, що поєднують досягнення біології, медицини та інженерії для відновлення функцій організму.

Тканинна інженерія передбачає створення біологічних конструкцій, які можуть замінювати або відновлювати пошкоджені тканини. Основними компонентами таких систем є клітини, біоматеріали (каркаси) та біологічно активні молекули. Регенеративна медицина, у свою чергу, спрямована на стимулювання природних процесів відновлення організму, зокрема із застосуванням стовбурових клітин.

Стовбурові клітини є унікальними завдяки своїй здатності до самовідновлення та диференціації у різні типи клітин. Вони можуть перетворюватися на клітини м’язової, нервової, кісткової та інших тканин, що робить їх надзвичайно перспективними для використання в медицині.

Існує кілька типів стовбурових клітин, зокрема ембріональні, дорослі (соматичні) та індуковані плюрипотентні клітини (iPS-клітини). Кожен тип має свої переваги та обмеження, але всі вони використовуються для відновлення пошкоджених тканин і лікування різних захворювань.

Одним із ключових напрямів є використання стовбурових клітин для регенерації тканин після травм або захворювань. Наприклад, у кардіології вони застосовуються для відновлення серцевого м’яза після інфаркту, в ортопедії — для регенерації кісткової та хрящової тканини, а в неврології — для лікування ушкоджень нервової системи.

Основними перевагами регенеративної медицини є можливість відновлення функцій органів, зменшення потреби в донорських трансплантатах і підвищення якості життя пацієнтів. Однак існують і виклики, серед яких складність контролю диференціації клітин, ризик утворення пухлин, етичні питання та висока вартість лікування [1–3].

Отже, тканинна інженерія та регенеративна медицина є перспективними напрямами сучасної науки, що відкривають нові можливості для відновлення пошкоджених тканин за допомогою стовбурових клітин. Незважаючи на існуючі труднощі, ці технології мають великий потенціал і можуть суттєво змінити підходи до лікування багатьох захворювань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mao A. S., Mooney D. J. Regenerative medicine: Current therapies and future directions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2024. URL: https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2320123121 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Kim J. H. et al. Advances in stem cell-based tissue engineering for regenerative medicine. *Biomaterials*. 2025. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142961224009876 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Li M. et al. Stem cell therapies for tissue regeneration: Progress and challenges. *arXiv*. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2502.04567 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 616.7:621.3.08

СИСТЕМА ТЕСТУВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЕЛЕКТРОД – ШКІРА ДЛЯ ЗАСОБІВ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Богачов І. І., бакалавр, e-mail: igorbogachov12344321@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Сучасна медична діагностика та лікування дедалі активніше використовують електрофізіологічні методи, що базуються на реєстрації біоелектричних сигналів організму. До таких методів належать електрокардіографія, електроенцефалографія, електроміографія, електроофтальмографія, електронейростимуляція тощо. Усі вони неможливі без застосування медичних електродів, які забезпечують контакт між біоелектричними сигналами живого організму та електронною вимірювальною апаратурою. Саме тому якість та надійність медичних електродів є критично важливими для точності діагностичних і терапевтичних процедур.

Одним із ключових факторів, що впливають на достовірність результатів, є електричний шум, зумовлений характеристиками електродів, контактним опором та зовнішніми електромагнітними впливами.

Апаратно-програмні комплекси, що дозволяють досліджувати електричні та функціональні властивості електродів, повинні включати в себе джерело тестових сигналів, систему підключення з можливістю перемикання каналів, блок реєстрації імпедансу, фази, амплітуди сигналу, систему зворотного зв’язку та інтерфейс керування. Важливо, щоб такий комплекс був адаптований до вимог реального медичного середовища, дозволяв проводити як короткотривалі, так і довготривалі тести, а також порівнювати результати з еталонними значеннями.

У процесі дослідження були розглянуті електроди, які класифікуються за різними критеріями такі як вид процедури, яку вони використовуються, матеріал, з якого вони виготовлені, та їх повторне використання.

Аналіз літературних і патентних джерел показує, що параметри і характеристики електродів визначаються як поелементно, так і комплексно.

За нормативами у електродів необхідно вимірювати:

- різниця електродних потенціалів;
- дрейф різниці електродних потенціалів;
- напруга шуму;
- електромеханічний шум;
- повний опір електродів;
- напруга поляризації.

Сучасні електроди медичного призначення мають шуми порядку сотні нановольт – одиниці мікровольт. Очевидно, що системи, які перевіряють такі електроди, повинні володіти власними меншими шумами або хоча б шумами такого ж рівня.

Джерелами шумів є шуми аналогових елементів, що використовуються у вхідних каскадах вимірювального каналу пристрою, і наведені шуми від цифрової частини.

Після проведених розрахунків було зроблено висновок: зменшити шуми підсилювача можна шляхом зниження внутрішнього імпедансу електрода і смуги спостережуваних частот. Також важливо підібрати оптимальний варіант операційного підсилювача [1].

Власні шуми АПК визначаються у вигляді напруги шумів, приведених до входу першого підсилювального каскаду. За сукупністю основних параметрів – розмах шумів, вхідний струм зміщення і вхідна напруга зміщення найкращим є підсилювач AD8422.

Одним зі способів зменшення шуму може слугувати застосування гальванічної розв'язки між цифровою та аналоговою частиною. Тобто в структурній схемі апаратно-програмного комплексу доцільно виділити дві підсистеми: аналогову підсистему і цифрову

підсистему. На основі розроблених структурних та функціональних схем аналогової і цифрової підсистем було складено принципову схему апаратно-програмного комплексу.

АПК для випробувань електродів виконаний у вигляді однієї плати, що встановлюється в корпусі (конструктиві) MULTIPAC PRO 3U 400D COVER P.

АПК має такі характеристики:

- максимальна швидкодія – 700 тисяч вибірок на секунду;
- власний шум 1 мкВ;
- діапазон вимірюваних напруг від –25 до +25 мВ;
- межа вимірювання опору від 0,05 до 1 кОм;
- вимірювальний струм 0,1, 1, 10 мкА;
- граничні частоти вимірювання 0,01; 0,05; 0,15; 1,0; 2,0; 75; 10000 Гц;
- крутизна спаду амплітудно-частотної характеристики за межами граничних частот не менше 12 дБ/окт.

У процесі реалізації роботи було створено програмне середовище, що імітує проведення експерименту. Його функціональність передбачає збір, обробку та візуалізацію даних, які імітують реальні сигнали з шумовою компонентою. Зокрема, досліджувались наступні режими: вимірювання шуму, аналіз поляризаційної напруги, визначення опору електродів та різниці потенціалів між ними. Основою програмного забезпечення АПК є кросплатформний фреймворк Qt.

Створене програмне середовище дозволяє якісно імітувати типові експерименти та дає можливість користувачу адаптувати параметри згідно з вимогами.

Основними функціями, які виконує ПЗ, є такі:

1. Налаштування апаратного забезпечення АПК для проведення експерименту.
2. Керування вбудованим генератором струму, включно з налаштуванням типу, частоти і рівня генерованого сигналу.
3. Збір даних.

Головним інструментом дослідження стало вікно програмного забезпечення, яке реалізовує різні експериментальні сценарії. Наприклад, в режимі вимірювання шуму відображається графік випадкових коливань напруги, які виникають через неоднорідність матеріалу електрода та контакт із шкірою.

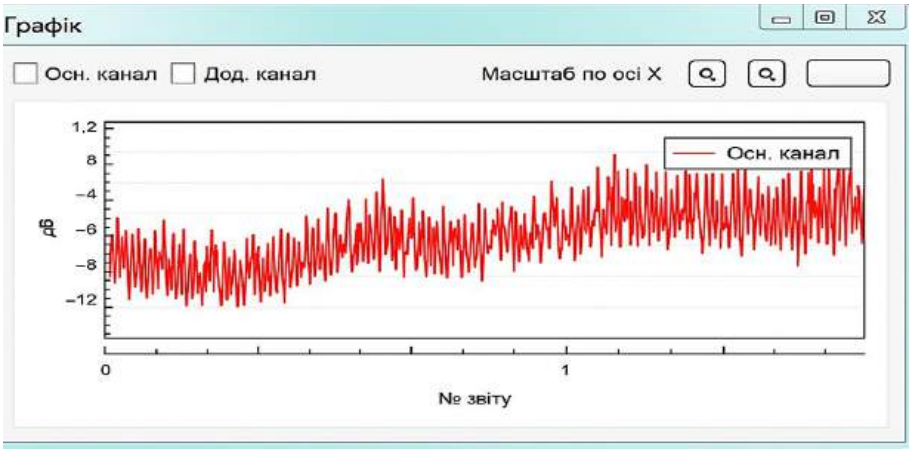


Рисунок 1 – Інтерфейс вікна побудови графіка з отриманих даних

Розроблений АПК може бути використаний для вирішення завдань вимірювання, контролю та випробувань виробів і приладів медичного призначення в широкому динамічному і частотному діапазоні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Valchinov E., Rutkovskis A., Pallikarakis N. Active Electrodes and Multichannel Amplifier for Biopotential Recording. *Riga Technical University 53rd International Scientific Conference. International Symposium on Biomedical Engineering and Medical Physics*, Riga, Latvia, October 10-12, 2012, 35-41 p.

УДК 616.1

ІНТЕГРАЦІЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В МЕДИЧНУ ДІАГНОСТИКУ

Богдан О. Г., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

У сучасному світі стрімкий розвиток інформаційних технологій суттєво трансформує сферу охорони здоров'я. Одним із ключових напрямів цієї трансформації є інтеграція штучного інтелекту (ШІ) в медичну діагностику. Завдяки здатності швидко обробляти великі обсяги даних та знаходити складні закономірності, ШІ стає важливим інструментом для підвищення точності, швидкості та ефективності діагностичних процесів.

ШІ застосовується у різних галузях медицини, зокрема в радіології, онкології та кардіології. Основними напрямами є автоматичний аналіз зображень, прогнозування захворювань та підтримка лікарських рішень. Використання таких технологій дозволяє зменшити вплив людського фактору та підвищити якість діагностики ([medphys.knu.ua][1]).

Однією з найважливіших сфер застосування є аналіз медичних зображень: МРТ, КТ та рентгенівських знімків. Основу таких систем становить машинне навчання, зокрема глибинні нейронні мережі. Вони навчаються на великих масивах даних і здатні розпізнавати патології, такі як пухлини, крововиливи чи переломи.

У випадку МРТ ШІ використовується для виявлення захворювань мозку, включаючи новоутворення та інсульти. Для КТ – для діагностики захворювань легень, а рентген широко застосовується для виявлення травм і патологій грудної клітки. Сучасні моделі можуть не лише знаходити аномалії, а й класифікувати їх та прогнозувати розвиток хвороби ([journals.maup.com.ua][2]).

Основними перевагами інтеграції ШІ є підвищення точності діагностики, швидкість обробки інформації та оптимізація роботи медичних установ. Водночас існують і виклики: питання захисту даних, необхідність якісних навчальних вибірок і етичні аспекти використання технологій.

Отже, штучний інтелект відіграє ключову роль у розвитку сучасної медичної діагностики. Його інтеграція дозволяє значно покращити якість медичних послуг, підвищити точність і швидкість діагностичних процедур, а також зменшити навантаження на лікарів. Особливо перспективним є застосування машинного навчання для аналізу МРТ, КТ та рентгенівських зображень, що відкриває нові можливості для раннього виявлення захворювань та ефективного лікування.

У майбутньому очікується подальший розвиток і вдосконалення цих технологій, що зробить медицину ще більш точною, доступною та персоналізованою.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коломоєць С. Застосування штучного інтелекту в розпізнаванні медичних зображень. *Інформаційні технології та суспільство*. 2024. URL: https://journals.maup.com.ua/index.php/it/article/view/4513 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Капланіс П. Як підготуватися до використання штучного інтелекту в медичній фізиці. 2025. URL: https://medphys.knu.ua/article/view/3452 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Горкуненко А. Б. Штучний інтелект у медицині: масштаби ринку та напрями розвитку. 2025. URL: https://ojs.tdmu.edu.ua/index.php/visnyk-gigieny/article/view/15340 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 633.1:537.8.

МІКРОХВИЛЬОВА ОБРОБКА ЗЕРНА ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ВМІСТУ ПЕСТИЦИДІВ

Богомол Д. С.[1], бакалавр, e-mail: bogomol.dima9@gmail.com
Колокольніков В. О.[2], бакалавр, e-mail: vikkol04@gmail.com
Наукові керівники: к.т.н., доц. Черепньов І. А.[1], к.т.н. Пісня Л. А.[3]
[1] Державний біотехнологічний університет
[2] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
[3] Наукова-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Починаючи з 80-х років XX століття і дотепер неодноразово проводилися дослідження застосування мікрохвильової обробки зерна перед закладкою його на зберігання [1]. Методи боротьби з комахами-шкідниками під час зберігання включають різні підходи, включаючи методи з використанням хімічних речовин: пестицидів. Однак постійне використання хімічних методів призвело до стійких до пестицидів штамів шкідників, а надмірне, до забруднення навколишнього середовища, впливу на здоров'я людини та тварин, пошкодження озонового шару [2]. В результаті досліджень європейськими фахівцями виявлено значні перевищення у продуктах із зерна пестицидів PFAS – це так звані «вічні хімікати», які майже не руйнуються в довкіллі за природних умов [3]. Пестициди потрапляють в харчовий ланцюг, найчастіше через процес біонакопичення. Це відбувається, коли речовина біоакумулюється в організмі тварин та людей через нездатність розщепити її та вивести. Оскільки наявно багато синтетичних пестицидів, що не можуть бути розщеплені, вони можуть біонакопичуватися в жирових тканинах організму [4]. Наведені в [5] результати вивчення термофізичних властивостей трьох зернових матриць: яра пшениця, озиме жито і ярий ячмінь, а також шести найбільш активно вживаних для захисту рослин зернових від шкідників, грибкових хвороб і мікотоксинів пестицидів: азоксистробін, дифеноконазол, тетраконазол, циперметрин, дельтаметрин і піріміфос-метил. Досліджено вплив фізичних факторів, таких як температура та мікрохвильове випромінювання, на зменшення пестицидів. З метою визначення найефективнішого та найпрактичнішого способу підвищення безпеки зернових, були досліджені чотири варіанти сушіння для оцінювання різних методів зменшення залишків пестицидів. Процес тільки температурного сушіння зернових протягом п’яти днів поспіль зменшив залишки шести пестицидів на 18–85 %. Вплив температури з мікрохвильовим випромінюванням був найефективнішим для зниження кількості пестицидів (85 % ефективності).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Євланов М. В., Черепньов І. А., Чумаченко С. М., Коломієць Д. П. Технічні заходи щодо зменшення втрат зерна на етапі зберігання від біотичних факторів. *Challenges and threats to critical infrastructure.* Collective monograph. NGO Institute for Cyberspace Research (Detroit, Michigan, USA), 2023. С. 247-250.

2. Shaghati H., Al-Obaidy S. EFFECT OF MICROWAVE RADIATION ON THE CONTROL OF RED FLOUR BEETLE Tribolium castaneum (HERBST). *Iraqi Journal of Market Research and Consumer Protection*. 2025. Vol. 17, №2. P. 201-210. doi.org/10.28936/jmracpc 17.2.2025. (19).

3. Європейські продукти під загрозою: пестициди у зерні перевищують допустимі норми. *Агро 24:* веб-сайт. URL: https://24tv.ua/agro24/produktah-iz-zerna-yes-viyavili-perevishhennya-normi-pestitsidiv_n2966876 (дата звернення: 03.04.2026).

4. Як пестициди впливають на здоров’я людини – дослідження. *LANDLORD*: веб-сайт. URL: https://landlord.ua/news/iak-pestytsydy-vplyvaiut-na-zdorov-ia-liudyny-doslidzhennia/ (дата звернення: 03.04.2026).

5. Hrynko I., Kaczyński P., Iwaniuk P., Konecki R. and all. The effect of temperature and microwave radiation on the behavior of pesticides during the drying of cereal grains. *Food Control*. 2025. Vol. 176. 111399. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2025.111399.

УДК 616-08:616-71

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ НИЗЬКОЕНЕРГЕТИЧНОЇ МІКРОХВИЛЬОВОЇ ТЕРАПІЇ В КОМПЛЕКСНОМУ ЛІКУВАННІ ПРОМЕНЕВОЇ ХВОРОБИ

Богомол Д. С.[1], бакалавр, e-mail: bogomol.dima9@gmail.com
Колокольніков В. О.[2], бакалавр, e-mail: vikkol04@gmail.com
Наукові керівники: к.т.н., доц. Черепньов І. А.[1], к.т.н. Пісня Л. А.[3]
[1] Державний біотехнологічний університет
[2] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
[3] Наукова-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Сорок років потому, а саме 26 квітня 1986 року сталася аварія на Чорнобильській АЕС, що за Міжнародною шкалою ядерних подій (INES) класифікована за найвищим – сьомим рівнем небезпеки. Але якщо, внаслідок вибуху та гострої променевої хвороби протягом кількох місяців з моменту аварії загинули 30 співробітників АЕС, то у подальшому кількість летальних випадків внаслідок опромінення вже досягла 500 000 осіб [1]. Станом на 01.01.2021 року статус постраждалих внаслідок катастрофи на ЧАЕС в Україні мали 1 718 113 осіб, з них 322 876 дітей [2]. Незважаючи на те, що в конструкцію ядерних реакторів були внесені необхідні зміни, небезпека аварій зберігається. За даними Міжнародної організації «Greenpeace» в результаті старіння ядерних реакторів зростають і ризики виникнення аварійної ситуації, бо існуюча дотепер стратегія використання АЕС в більшості країн Європи (в Україні теж) спрямована на продовження терміну служби реакторів (так звана «довгострокова експлуатація») і на підвищення потужності. Ці фактори разом можуть мати значний вплив на безпеку експлуатованого реакторного парку в Європі. Тобто, і продовження терміну служби, і підвищення потужності знижують запроектований запас міцності та підвищують ризик відмов [3]. Наявне загострення конфлікту між Пакистаном та Індією, що триває з 1947 року, потребує врахування ризику застосування ядерної зброї між ними [4]. А це ризик не тільки масових випадків променевої хвороби, але і виникнення «ядерної зими» [5]. Тому, в ряді країн проводяться дослідження лікування променевої хвороби, як класичними медикаментозними методами, так застосуванням низькоенергетичної мікрохвильової терапії. Зокрема, в Китаї отримані позитивні результати лікування низькоінтенсивним мікрохвильовим випромінюванням мишей, які зазнали гамма-опромінення. Фізіологічні механізми цього можуть бути пов'язані з придушенням апоптозу гемопоетичних клітин, викликаного гамма-опроміненням, пригніченням окислювальних пошкоджень і, таким чином, поліпшенням відновлення кровотворної системи [6].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Щигельська Г. О., Джадав Хіренкумар, Боднар В. В. Бхопальська трагедія vs Чорнобильська катастрофа: порівняльний аналіз. *Colloquium-journal*. 2022. № 4(127). С.41-45. DOI: 10.24412/2520-6990-2022-4127-41-45

2. Основні радіологічні та медичні наслідки аварії на ЧАЕС. *Національна академія медичних наук України:* веб-сайт. URL: https://amnu.gov.ua/osnovni-radiologichni-ta-medychni-naslidky-avariyi-na-chaes/ (дата звернення: 01.04. 2026).

3. Lifetime extension of ageing nuclear power plants: Entering a new era of risk / ed. by J. Haverkamp. Zurich: Greenpeace Switzerland, 2014. 140 p.

4. Ashraf T. The Antecedents of Pakistan-India Conflict: Challenges and Prospects for Solution. *Pakistan Vision*. 2018. Vol. 19 № 2. P. 19-36.

5. Sukeyuki I. Reassessing the “Nuclear Winter” Theory: Current Research on the Climate Effects of Nuclear War and Its Implications for Security and Nuclear Deterrence. *Security & Strategy*. 2023. Vol. 3. P. 3-18.

6. Xu Q, Tong J, Jin ZD, Lu MX, Du HB, Cao Y. [Radiation protection and possible mechanisms for low intensity microwave]. Zhonghua Lao Dong Wei Sheng Zhi Ye Bing Za Zhi. 2009 Sep;27(9):520-4. Chinese. PMID: 20137295.

УДК 004.04:[57+61]

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ЕНДОСКОПІЧНОЇ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Власюк Д. А., аспірант, e-mail: dmytro.vlasiuk1@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Дацок О. М.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Традиційна ендоскопія в білому світлі залишається базовим методом візуальної діагностики, однак її можливості обмежуються поверхневим оглядом слизової оболонки, чутливістю до якості зображення та складністю аналізу відеопотоку. Тому актуальним є вдосконалення ендоскопічної візуалізації шляхом поєднання методів цифрової обробки зображень, комп'ютерного зору та просторового моделювання [1, 2].

Мета дослідження – узагальнити сучасні підходи до вдосконалення ендоскопічної візуалізації та визначити основні інженерні напрями розвитку ендоскопічних систем.

Основні матеріали дослідження. До основних напрямів удосконалення належать методи цифрової обробки зображень, комп'ютерного зору та просторової візуалізації. Їх використання дає змогу підвищити інформативність ендоскопічних і лапароскопічних досліджень, покращити аналіз відеопотоку та створити передумови для точнішої навігації під час малоінвазивних втручань [1, 2].

Важливу роль відіграє обробка лапароскопічного відео, яка дає змогу оцінювати параметри рухів хірурга та застосовувати комп'ютерні методи для підтримки аналізу операційного процесу [1]. Перспективним напрямом є також 3D-візуалізація внутрішніх структур організму на основі стереоендоскопічних даних. Використання методів комп'ютерного зору для побудови просторового представлення операційного поля покращує орієнтацію в анатомічному середовищі та підвищує точність ендоскопічних втручань [2].

Окремим напрямом розвитку є системи комп'ютерної підтримки ендоскопічних і лапароскопічних втручань, що базуються на методах комп'ютерного зору та автоматизованого аналізу відеоданих. Ефективність таких рішень залежить від якості первинної візуалізації, точності алгоритмів обробки та узгодженої роботи програмно-апаратних компонентів [1, 2].

Важливим аспектом удосконалення ендоскопічної візуалізації є підвищення стабільності та відтворюваності отриманих даних. Використання алгоритмів комп'ютерного зору дає змогу зменшити вплив суб'єктивності під час аналізу відеопотоку та створює основу для стандартизації оцінювання ендоскопічних зображень.

Такі підходи сприяють підвищенню об'єктивності аналізу ендоскопічних даних і створюють основу для подальшої стандартизації ендоскопічних досліджень та розробки інтелектуалізованих систем підтримки прийняття рішень [1, 2].

Висновки. Удосконалення ендоскопічної візуалізації пов'язане з інтеграцією методів комп'ютерного зору, аналізу відеопотоку та 3D-моделювання. Застосування таких підходів підвищує інформативність ендоскопічних досліджень і розширює можливості комп'ютерної підтримки малоінвазивної хірургії. Це сприяє підвищенню точності інтраопераційного контролю та ефективності малоінвазивних втручань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Selivanova K. and Avrunin O. Method of Hand Movement Disorders Determination based on the Surgeon's Laparoscopic Video Recording. *2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)*. Kharkiv, Ukraine, 2022. Pp. 1–4. DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916457.

2. Selivanova K. G. et al. 3D visualization of human body internal structures surface during stereo-endoscopic operations using computer vision techniques. *Przeglad Elektrotechniczny*. 2021. No. 9. P. 30–33. DOI: 10.15199/48.2021.09.06.

УДК 616.12, 621.396.969

КОНТРОЛЬ СТАНУ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ БЕЗПРОВІДНОГО МОНІТОРИНГУ

Ворожбит С. І., бакалавр, e-mail: svat85274@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.
Державний біотехнологічний університет

Нові технології швидко розвиваються, що відкриває можливості для дослідження та контролю стану біологічних об'єктів. Безпровідний моніторинг дозволяє здійснювати безперервне спостереження за фізіологічними, поведінковими та екологічними параметрами без прямого втручання у середовище існування об'єкта. Такий підхід широко застосовується у медицині, ветеринарії, екології та сільському господарстві. Безпровідний моніторинг для дослідження тварин є одним з найбільш перспективних напрямів.

Сенсорні системи здатні реєструвати різноманітні показники, такі як температура тіла, частота серцевих скорочень та рівень активності. Такі сенсорні системи є основою безпровідного моніторингу. Використовуються бездротові технології зв'язку такі, як Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, LoRa. Дані з сенсорів передаються до центрального пристрою або хмарного сервера, де виконується подальша обробки і аналіз. Перевагою є те, що можна отримувати інформацію в реальному часі та оперативно реагувати на зміни стану об'єкта.

Безпровідний моніторинг є неінвазивним, це не впливає на природну поведінку тварин і мінімізує стрес для них. Наприклад, у тваринництві такі системи використовуються для контролю здоров'я тварин, своєчасного виявлення захворювань, оптимізації умов утримання, що сприяє підвищенню продуктивності. У медицині безпровідні сенсори дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг пацієнтів, що особливо актуально для людей із хронічними захворюваннями. В екологічних дослідженнях ці технології застосовуються для спостереження за популяціями диких тварин, аналізу змін довкілля та оцінки впливу антропогенних факторів. Таким чином, неінвазивність є перевагою безпровідного моніторингу.

Процес оцінки стану біологічних об'єктів включає збір, передачу, зберігання та аналіз даних. На етапі аналізу застосовуються методи математичної статистики, машинного навчання та штучного інтелекту, що дає змогу виявляти закономірності, прогнозувати зміни та формувати рекомендації щодо подальших дій. Автоматизація цього процесу значно підвищує точність і швидкість прийняття рішень.

Однак впровадження безпровідних систем моніторингу має і певні виклики. Серед них забезпечення енергоефективності сенсорів, надійності передачі даних, захисту інформації, а також адаптація систем до різних умов експлуатації. Крім того, важливо враховувати економічну доцільність використання таких технологій. Не менш важливим є питання стандартизації обладнання та сумісності різних пристроїв між собою.

Безпровідний моніторинг є ефективним інструментом оцінки стану біологічних об'єктів, який поєднує сучасні технології збору та обробки даних. Його застосування сприяє підвищенню якості контролю, своєчасному виявленню відхилень та прийняттю обґрунтованих рішень. У майбутньому розвиток цієї галузі буде пов'язаний із удосконаленням сенсорних технологій, розширенням можливостей аналітики та впровадженням елементів штучного інтелекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mario P., Fontan F. P., Dominguez M. A., Otero S. Bio-Surveillance Monitoring with a Wireless Network. In *19th International Conference on Systems Engineering*. 19-21 August 2008. Publisher: IEEE. Conference Location: Las Vegas, NV, USA.

УДК 631.365:621.318.2

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ІНДУКЦІЙНОЇ СУШАРКИ ДЛЯ ДРІБНОНАСІННЄВИХ КУЛЬТУР

Вощаний О. В., бакалавр, e-mail: woschaniy@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу особливої уваги набуває підвищення ефективності післязбиральної обробки сільськогосподарської продукції, зокрема сушіння дрібнонасіннєвих культур. До таких культур належать ріпак, льон, гірчиця та інші, які характеризуються високою вологістю після збирання та підвищеною чутливістю до температурних режимів обробки. Невідповідні умови сушіння можуть призводити до зниження якості насіння, втрати схожості, погіршення технологічних властивостей і значних економічних збитків.

Традиційні методи сушіння, що базуються на конвективному теплообміні, характеризуються значною енергоємністю, нерівномірністю прогріву матеріалу та тривалістю процесу. Крім того, вони часто не забезпечують необхідної точності регулювання температурних режимів, що є критично важливим для дрібнонасіннєвих культур. У зв’язку з цим виникає потреба у впровадженні нових технологій сушіння, які дозволяють підвищити енергоефективність процесу та забезпечити збереження якості продукції [1].

Одним із перспективних напрямів є використання індукційного нагріву в сушильних установках. Індукційні сушарки забезпечують швидке та рівномірне нагрівання за рахунок перетворення електромагнітної енергії в теплову безпосередньо в об’єкті або робочому середовищі. Це дозволяє зменшити втрати енергії, підвищити коефіцієнт корисної дії установки та скоротити тривалість сушіння. Крім того, індукційні системи характеризуються високою керованістю та можливістю точного регулювання енергетичних параметрів.

Разом з тим ефективність роботи індукційних сушарок значною мірою залежить від правильного вибору енергетичних режимів, зокрема потужності, частоти електромагнітного поля, температури та тривалості обробки. Невідповідність цих параметрів може призводити до перевитрати електроенергії, нерівномірного висушування або навіть пошкодження насіння.

Оптимізація режимів дозволяє забезпечити мінімальні енергетичні витрати при досягненні необхідних показників якості сушіння. Вона передбачає встановлення раціональних співвідношень між параметрами процесу з урахуванням фізичних властивостей матеріалу, характеристик обладнання та умов експлуатації. Використання сучасних методів математичного моделювання та автоматизованого керування відкриває можливості для створення інтелектуальних систем управління сушильними процесами.

Особливого значення ця проблема набуває в умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності зниження енергоспоживання в аграрному секторі. Підвищення енергоефективності технологічних процесів є одним із ключових напрямів сталого розвитку сільського господарства. Впровадження індукційних сушарок з оптимізованими режимами роботи дозволяє не лише зменшити витрати на сушіння, але й підвищити конкурентоспроможність продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Таким чином, тема оптимізації енергетичних режимів роботи індукційної сушарки для дрібнонасіннєвих культур є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору. Її дослідження спрямоване на підвищення ефективності використання енергоресурсів, збереження якості продукції та вдосконалення технологій післязбиральної обробки, що має важливе значення для розвитку агропромислового комплексу України.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мартиненко І. І., Головінський Б. Л., Лисенко В. П. та ін. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 1995. 412 с.

УДК 615-47

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ПЛАНТОГРАФІЇ

Галушко Д. Є., здобувач 3-го рівня освіти, e-mail: dmytro.halushko@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Носова Т. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Плантографія – це розповсюджений метод дослідження стопи, який ґрунтується на аналізі її відбитка та розподілу навантаження на підошовну поверхню. Метод широко застосовується в ортопедії, фізичній реабілітації та спортивній медицині для діагностики плоскостопості, деформацій стопи й оцінки біомеханіки руху [1, 2]. До основних типів сучасної плантографії відносяться:

- класична (контактна) плантографія, яка передбачає отримання відбитка стопи за допомогою фарби та паперу. Такий підхід дає змогу оцінити форму поздовжнього та поперечного склепінь, визначити площу опори та виявити ознаки плоскостопості. Сучаснішим варіантом є цифрова плантографія, що базується на використанні сканерів або відеокамер та спеціалізованого програмного забезпечення для автоматичної обробки даних [3], що дозволяє відразу розраховувати різні параметри стопи, зокрема індекси склепіння, площу контакту та особливості розподілу навантаження;

- термоплантографія дозволяє отримати дані відбитка теплового поля стопи на основі використання термоплівки з послідующою цифровою реєстрацією;

- бароподометрія є одним із найбільш інформативних методів, що здійснюється за допомогою сенсорних платформ, які фіксують тиск стопи на опорну поверхню. Метод дозволяє оцінювати не лише форму стопи, а й розподіл навантаження як у статичному положенні, так і під час руху. Завдяки цьому можна виявити перевантажені ділянки, порушення рівноваги та інші функціональні відхилення;

- динамічна плантографія є розвитком бароподометрії та використовується для аналізу стопи під час ходьби або бігу. Вона дає змогу досліджувати зміну параметрів навантаження в часі, оцінювати координацію рухів і виявляти порушення біомеханіки;

- тривимірна (3D) плантографія передбачає створення об’ємної моделі стопи за допомогою лазерного або оптичного сканування. Вона дозволяє детально дослідити анатомічну будову стопи, точно визначити її деформації та використовувати отримані дані для індивідуального виготовлення ортопедичних виробів. Основним недоліком цього методу є висока вартість обладнання.

Наведені різні типи плантографії відрізняються рівнем складності, точності та інформативності. Вибір конкретного методу залежить від мети дослідження, клінічної ситуації та технічних можливостей. Сучасні цифрові та динамічні методи забезпечують найбільш повну й об’єктивну оцінку стану стопи для подальшої корекції її порушень.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодянський Є. В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія [за ред. С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.

2. Цапенко В. В., Терещенко М. Ф. Метод дослідження біомеханічних параметрів стопи людини. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки*. 2018. № 29. С. 51–59.

3. Місоченко С. Ю., Селіванова К. Г., Аврунін О. Г. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров’я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD2022*, 19-21 жовтня 2022 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. С. 902.

УДК 537.86:636:615.47

РОЗРОБКА МІКРОХВИЛЬОВИХ СЕНСОРІВ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ФІЗІОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТВАРИН

Горбенко М. В., бакалавр, e-mail: memes228322@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Коршунов К. С.
Державний біотехнологічний університет

Забезпечення ефективного моніторингу фізіологічного стану сільськогосподарських тварин є важливим завданням сучасного тваринництва, що спрямоване на підвищення продуктивності, зниження захворюваності та оптимізацію умов утримання. Мікрохвильові сенсори, які працюють у надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні, є перспективним інструментом для безконтактного або малоконтактного вимірювання біофізичних параметрів, оскільки дозволяють отримувати інформацію про внутрішній стан тканин на основі їх електрофізичних властивостей [1, 2]. Дослідження показують, що мікрохвильові сенсори широко застосовуються у біомедичних системах для визначення температури, вологості, складу тканин та інших параметрів. Основою їх роботи є взаємодія електромагнітного поля з біологічними середовищами, які характеризуються комплексною діелектричною проникністю [1]. Відомі роботи Габріеля та співавторів описують частотну залежність електрофізичних властивостей тканин, що є базою для проєктування сенсорів [2]. У сучасних дослідженнях використовуються резонансні, хвилевідні та антенні сенсори, а також методи вимірювання коефіцієнтів відбиття та проходження сигналу. Разом із тим існують проблеми, пов’язані з впливом зовнішніх факторів, нестабільністю контактних умов і складністю інтерпретації отриманих даних.

Метою роботи є розроблення принципів побудови мікрохвильових сенсорів для моніторингу фізіологічного стану тварин та аналіз їх ефективності для біомедичних і ветеринарних застосувань.

Мікрохвильові сенсори функціонують на основі змін параметрів електромагнітного сигналу при його взаємодії з біологічними тканинами, зокрема зміни амплітуди, фази та частоти резонансу [1]. Ключовим параметром є комплексна діелектрична проникність, яка залежить від вмісту води, температури та фізіологічного стану тканини [2]. Одним із підходів до побудови сенсорів є використання резонансних структур, де зміна властивостей досліджуваного середовища призводить до зсуву резонансної частоти. Інший підхід базується на використанні відкритих коаксіальних зондів, які дозволяють проводити локальні вимірювання діелектричних параметрів тканин. Також застосовуються антенні сенсори, що забезпечують безконтактний моніторинг і можуть інтегруватися у бездротові системи збору даних. Практичне застосування мікрохвильових сенсорів у тваринництві включає вимірювання температури тіла, контроль гідратації, визначення складу тканин, а також виявлення патологічних змін, що супроводжуються зміною електрофізичних характеристик. Інтеграція сенсорів у системи безперервного моніторингу дозволяє отримувати дані в реальному часі та оперативно реагувати на зміни стану тварин.

Розроблення мікрохвильових сенсорів є перспективним напрямом для моніторингу фізіологічного стану тварин. Встановлено, що такі сенсори дозволяють здійснювати неінвазивний контроль параметрів організму на основі аналізу електрофізичних властивостей тканин. Визначено основні підходи до їх реалізації та ключові проблеми, пов’язані з точністю вимірювань і впливом зовнішніх факторів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Foster K. R., Schwan H. P. Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review. *Crit. Rev. Biomed. Eng*. 1989. Vol. 17(1). P. 25–104.

2. Gabriel C., Gabriel S., Corthout E. The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey. *Phys. Med. Biol*. 1996. Vol. 41. P. 2231–2249.

УДК 631.61:631.523:629.735.3

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДРОНІВ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ САДОВИХ КУЛЬТУР

Денисов Б. Ю., аспірант, e-mail: Denisov7997@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Сучасне садівництво стикається з численними викликами, серед яких підвищення продуктивності, забезпечення здоров'я рослин та оптимізація використання ресурсів. Одним із перспективних напрямів є застосування фізичних методів впливу на рослини для стимуляції ростових процесів, підвищення стійкості до стресових факторів та покращення якості врожаю. Електромагнітна обробка рослин є одним із таких методів, що здатен впливати на біохімічні та фізіологічні процеси у тканинах рослин, стимулюючи фотосинтез, водопоглинання, активність ферментів та загальну енергію росту.

Традиційне застосування електромагнітного впливу вимагає стаціонарних установок і ручної обробки, що обмежує ефективність та масштабність технології. У цьому контексті використання безпілотних літальних апаратів (дронів) стає надзвичайно актуальним. Дрони здатні оперативно та рівномірно обробляти великі площі садових насаджень, регулюючи параметри електромагнітного поля залежно від виду культури, стадії розвитку рослин та погодних умов. Використання дронів дозволяє зменшити витрати людської праці, підвищити точність обробки та забезпечити повторюваність технологічних режимів [1].

Інтеграція електромагнітних установок з дронами передбачає розробку компактних, мобільних та енергоефективних генераторів електромагнітного поля, систем навігації та керування режимами обробки в реальному часі. Використання датчиків для моніторингу стану рослин дозволяє адаптувати інтенсивність та частоту впливу, забезпечуючи оптимальні умови для стимуляції росту та підвищення врожайності.

Традиційна передпосівна обробка обмежена двовимірним або потоковим середовищем. Сад – це складна тривимірна структура. Розробка мобільних ЕМ-систем дозволяє реалізувати адаптивну геометрію поля, яка підлаштовується під архітектуру конкретної крони дерева в режимі реального часу.

Перспективи застосування дронів у садівництві з використанням електромагнітної обробки зумовлені також сучасними вимогами до сталого розвитку та екологічності агропромислових технологій. Використання безпілотних апаратів мінімізує контакт людей з технікою, зменшує ризик механічного пошкодження рослин, скорочує використання хімічних засобів захисту та стимуляторів росту, а також дозволяє оптимізувати енергоспоживання та ресурси.

Таким чином, дослідження та впровадження електромагнітної обробки садових культур за допомогою дронів є актуальним науково-технічним завданням. Це сприяє підвищенню ефективності садівництва, екологічності технологічних процесів, оптимізації витрат ресурсів та підвищенню врожайності і якості плодів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. https://www.researchgate.net/publication/399158656_Perspektivi_vikoristanna_droniv_u_silskomu_gospodarstvi

УДК 615.825.6:615.8-7

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ДОЗОВАНОГО ФІЗИЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ – ВЕСЛУВАЛЬНИЙ ТРЕНАЖЕР-ЕРГОМЕТР

Диба В. В., магістр, e-mail: dyba2021re11@student.karazin.ua
Науковий керівник – к.т.н. Дацок О. М.
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна

Одним із найбільш інформативних засобів вимірюванні параметрів фізичного навантаження є веслувальні тренажери-ергометри, які дають змогу не лише моделювати рухи веслування, але й фіксувати обсяг виконаної роботи. На відміну від класичних тренажерів, ергометри оснащені системою збору даних, що дає змогу отримувати інформацію про навантаження, швидкість, ритм, дистанцію та механічні характеристики руху.

Принцип дії ергометра базується на вимірюванні часових інтервалів між імпульсами, які створює датчик на маховику. Використовуються герконові або оптичні датчики, що реагують на магніти або відбиваючі смужки на ободі ротора. Час між імпульсами дозволяє із заданою точністю визначити кутову швидкість та прискорення маховика, а отже – і силу, прикладену користувачем. Використання параметра часу між імпульсами дає змогу розділити веслувальний цикл на дві фази – ривок та відновлення – і аналізувати їх окремо, оцінюючи техніку та ефективність веслування [1].

Сучасні тренажери можуть мати такі типи опору як повітряний, водяний, магнітний або гібридний. Незалежно від типу, принцип залишається спільним – енергія гребця передається на маховик, а його обертання фіксується для подальших розрахунків. Завдяки датчикам можливо визначати ключові фізичні величини: кутове зміщення, кутову швидкість, прискорення, а також оцінювану лінійну швидкість та дистанцію [2].

Конструкція повітряного гребного тренажера (рис.1), що включає раму (1), рухому доріжку (2) з сидінням (3), педалі (4), ручку (5), повітряний генератор (6) і монітор продуктивності (7). Монітор відображає ключові показники фізичного стану користувача – потужність, швидкість, темп, дистанцію, частоту гребків, а також може доповнюватися модулями оцінки якості повітря, стану фільтра, температури та вологості.

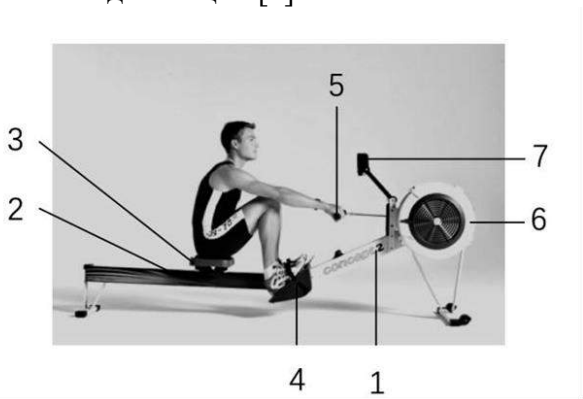


Рисунок 1 – Складові повітряного гребного тренажера

Удосконалені конструкції веслувальних тренажерів дозволяють поєднати функції фізичного навантаження та вимірювання показників за допомогою тензорезистивних датчиків у ручку яку тримає веслувальник. Інтеграція додаткових сканерів у конструкцію тренажера дозволяє зробити тренування безпечнішим та інформативнішим. Тож веслувальні ергометри є перспективними пристроями медико-інженерного призначення, що поєднують фізичний тренінг та діагностику у закритих, контрольованих умовах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Fan S. The Design of an Air Rower That Can Purify Indoor Air. SCIRP. URL: https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=134771

2. Rowing Machine Technique – British Rowing. *British Rowing*. URL: https://www.britishrowing.org/knowledge/rower-development/british-rowing-technique/indoor-rowing-technique/

УДК 615.47:621.382.232

ЗАСТОСУВАННЯ ДІОДІВ ШОТТКІ В БІОМЕДИЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Дмитренко Є. О., студент, e-mail: dmitfr85@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

У сучасній медичній електроніці важливе значення мають напівпровідникові елементи, які забезпечують високу швидкодію, стабільність роботи та низькі енергетичні втрати. Одним із таких елементів є діод Шотткі – напівпровідниковий прилад, утворений контактом металу з напівпровідником. На відміну від звичайного діода з p-n переходом, він характеризується малим прямим падінням напруги, яке зазвичай становить 0,2–0,4 В, а також дуже малим часом зворотного відновлення. Саме ці властивості визначають його широке використання в імпульсних і низьковольтних схемах.

Назва приладу пов’язана з іменем німецького фізика Вальтера Шотткі, який досліджував бар’єрні явища на межі металу і напівпровідника. Надалі ці дослідження стали основою для створення швидкодійних бар’єрних діодів, що знайшли застосування у радіоелектроніці, обчислювальній техніці та системах живлення. Основними перевагами діода Шотткі є висока швидкість перемикання, менші втрати потужності та нижче тепловиділення. До недоліків належать підвищений зворотний струм і обмеження щодо допустимої зворотної напруги.

У біомедичній інженерії діоди Шотткі використовуються в портативних медичних приладах, зокрема в пульсоксиметрах, електрокардіографах, глюкометрах, моніторах пацієнта та носимих сенсорних системах. Найчастіше вони входять до складу джерел живлення, випрямлячів, DC-DC перетворювачів та схем захисту від переполюсування. Завдяки малому падінню напруги зменшуються втрати енергії, що дозволяє подовжити автономну роботу пристрою від акумулятора. Це особливо важливо для переносної та домашньої медичної техніки.

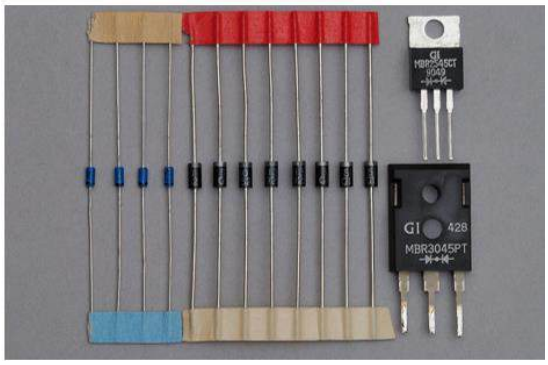


Рисунок 1 – Типові корпуси діодів Шотткі

Крім того, діоди Шотткі можуть застосовуватись у колах обмеження й детектування слабких сигналів від біомедичних датчиків. У системах реєстрації ЕКГ, ЕМГ або інших біопотенціалів швидкодія такого елемента допомагає забезпечити коректну роботу електронного тракту та знизити ризик спотворення сигналу. Отже, діод Шотткі є важливим компонентом сучасної біомедичної апаратури, оскільки поєднує енергоефективність, компактність і надійність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кутін В. М., Ілюхін М. О., Кутіна М. В. Діагностика електрообладнання: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2013. 161 с.
2. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL: www.nbuv.gov.ua

УДК 616.1

ІМПЛАНТОВАНІ ПРИСТРОЇ ТА «РОЗУМНІ» ПРОТЕЗИ

Довгий В. С., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасний розвиток медицини та інженерії сприяє створенню інноваційних рішень для відновлення втрачених функцій людського організму. Одним із таких напрямів є імплантовані пристрої та «розумні» протези, які поєднують досягнення біомеханіки, електроніки та штучного інтелекту. Особливо важливе місце займають біонічні кінцівки з сенсорним зворотним зв'язком, що забезпечують більш природну взаємодію людини з протезом.

Імплантовані пристрої – це медичні системи, які встановлюються всередині організму для виконання певних функцій, наприклад, стимуляції нервів або контролю фізіологічних процесів. До них належать кардіостимулятори, нейростимулятори та інші електронні імпланти. У поєднанні з протезуванням такі технології дозволяють створювати більш ефективні та функціональні системи відновлення рухових можливостей.

Біонічні протези є одним із найсучасніших досягнень у сфері протезування. Вони здатні відтворювати рухи втрачених кінцівок завдяки використанню електронних сенсорів, моторів і систем керування. Такі протези підключаються до нервової або м'язової системи людини і реагують на її наміри. Основою роботи біонічних кінцівок є зчитування електричних сигналів, які генеруються м'язами або нервовими закінченнями. Ці сигнали обробляються мікроконтролерами, які перетворюють їх у рухи протеза. Таким чином, людина може керувати штучною кінцівкою майже так само, як і природною.

Однією з ключових проблем традиційних протезів є відсутність відчуття дотику. Біонічні протези нового покоління вирішують цю проблему завдяки впровадженню сенсорного зворотного зв'язку. Це дозволяє користувачу відчувати силу натискання, текстуру та положення предметів. Сенсорні системи можуть передавати інформацію до нервової системи користувача за допомогою електростимуляції.

Сучасні «розумні» протези часто інтегруються з нейроінтерфейсами, що забезпечує прямий зв'язок між мозком і пристроєм. Такі системи дозволяють користувачу керувати протезом за допомогою думок, що є значним проривом у сфері біомедичних технологій. Нейроінтерфейси зчитують сигнали мозку і передають їх до протеза, який виконує відповідні рухи. Це дає змогу максимально наблизити функціональність штучної кінцівки до природної.

Подальший розвиток біонічних протезів пов'язаний із вдосконаленням сенсорних систем, підвищенням точності керування та інтеграцією з новітніми технологіями, такими як штучний інтелект і нанотехнології. Очікується, що в майбутньому такі пристрої стануть більш доступними, функціональними та максимально наближеними до природних кінцівок людини [1–3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Farina D., Aszmann O. Bionic limbs: Clinical reality and academic promises. *Science Translational Medicine*. 2024. URL: https://www.science.org/doi/10.1126/scitranslmed.abc1234 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Cipriani C. et al. Sensory feedback for prosthetic hands: Advances and challenges. *Nature Reviews Neurology*. 2025. URL: https://www.nature.com/articles/s41582-025-00045-6 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Hsiao S. et al. Neural interfaces for advanced prosthetic control. *arXiv*. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2501.05678 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 631.53:621.3.02

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ

Євдокімов С. В., магістр, e-mail: stasyevdokimov@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Сучасне рослинництво вимагає підвищення ефективності технологій підготовки насіння, оскільки якість насіння безпосередньо впливає на схожість, енергію проростання, стійкість рослин до несприятливих факторів та майбутню врожайність. Традиційні методи передпосівної обробки, що базуються на використанні хімічних препаратів, хоча й забезпечують певний захист насіння від патогенів, мають низку суттєвих обмежень. Серед них – екологічна небезпека, ризик накопичення токсичних речовин у продукції та залежність від умов зберігання й застосування. В умовах сучасного розвитку агропромислового комплексу особливо актуальним є пошук фізичних методів обробки насіння, які забезпечують високу ефективність та є екологічно безпечними.

Одним із перспективних напрямів є обробка насіння в електромагнітному полі. Вплив електромагнітних полів на насіння може стимулювати біохімічні та фізіологічні процеси, підвищувати енергію проростання та стійкість до стресових умов. Електромагнітні поля певної частоти і інтенсивності здатні позитивно впливати на водопоглинання, ферментативну активність і метаболічні процеси у насінні, що забезпечує прискорення проростання та покращення схожості. Крім того, електромагнітне поле може сприяти знезараженню насіння від патогенних мікроорганізмів без використання хімічних речовин, що робить його екологічно безпечним і перспективним для впровадження у технології рослинництва [1].

Розробка електротехнічного пристрою для реалізації такого методу передбачає створення системи, яка включає джерело електромагнітного поля, механізм транспортування насіння та систему керування режимами обробки. Особливу увагу необхідно приділяти вибору параметрів електромагнітного поля – частоти, напруженості та часу впливу – для досягнення оптимальної ефективності обробки без пошкодження насіння. Сучасні електротехнічні рішення дозволяють інтегрувати датчики та автоматизовані системи керування, що забезпечує точність обробки, повторюваність режимів та адаптацію до різних видів насіння [2].

Зростаючі вимоги до екологічності та сталого розвитку аграрного виробництва підкреслюють актуальність застосування фізичних методів обробки насіння. Впровадження електромагнітних технологій сприяє зменшенню використання хімічних препаратів, підвищенню якості насіння та майбутнього врожаю, а також створює передумови для економії ресурсів і енергії.

Таким чином, дослідження та розробка електротехнічного пристрою для передпосівної обробки насіння в електромагнітному полі є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення ефективності агротехнологій, екологічності виробництва та забезпечення високої якості насіння для сучасного рослинництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чміль А. І., Лазарюк К. О. Методи передпосівної обробки насіння кукурудзи в електромагнітному полі. *Енергетика і автоматика*. 2015. № 4. С. 227-234. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eia_2015_4_32.

2. Analysis of Processes of Image Formation of Bio-Objects Based on Gas Discharge Visualization / N. Kosulina, M. Sorokin, Yu. Handola, S. Kosulin, K. Korshunov, M. Chorna, V. Sukhin. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2024. Vol. 11, Issue 4. P. 109-117. DOI: 10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112. https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b845c6d3-74fa-4db8-9702-cab4d5cc3f0c/content

УДК 621.313.23:621.3

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА ДІАГНОСТИКИ РЕЖИМІВ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА ВОВНИ

Закора В. В., бакалавр, e-mail: zakoravolodimir934@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні технологічні лінії виробництва вовни включають численні електромеханічні приводи, конвеєрні системи та трансформатори. Ефективність та надійність роботи обладнання значною мірою визначається станом електроприводів і параметрами електромагнітних процесів. Традиційний контроль роботи двигунів часто не дозволяє оперативно виявляти відхилення в режимах роботи. В зв'язку з цим актуальним є застосування електромагнітних методів контролю, що забезпечують точну діагностику та дозволяють підвищити енергоефективність виробничої лінії [1, 2]. Дослідження останніх років свідчать про ефективність використання датчиків магнітного поля, індукційних сенсорів та вимірювачів струму для моніторингу стану електроприводів. Експериментальні та моделювальні роботи показують, що зміни електромагнітного поля у статорі та роторі двигуна прямо корелюють з механічними відхиленнями та перевантаженнями [3]. Встановлено, що своєчасне виявлення пульсацій струму та локальних аномалій магнітного поля дозволяє знизити ризик аварій та збільшити ресурс обладнання.

Метою роботи є дослідження застосування електромагнітних методів контролю для діагностики режимів роботи приводів технологічної лінії виробництва вовни та наочне відображення стану обладнання через візуалізацію параметрів електромагнітного поля та струму.

Електромагнітні методи базуються на вимірюванні: магнітного поля Bу статорі та роторі; струму $I(t)$, що проходить через обмотки двигуна; індукційних напруг у сенсорах, встановлених на корпусі приводів. Зміни цих параметрів сигналізують про: перевантаження двигуна, знос підшипників, неправильну роботу редуктора, несиметричні навантаження на фазах. Математично процес контролю описується як:

$$B(x, y, t) = f(I(t), \sigma, \mu),$$

де B – магнітна індукція, $I(t)$ – струм у обмотках, σ – провідність матеріалу, μ – магнітна проникність.

На рис. 1 представлено двовимірну карту розподілу магнітного поля навколо статора. Видно, що поле має виражений максимум у центральній області та поступово зменшується до периферії. Наявність локальних неоднорідностей (градієнтів) свідчить про потенційні зони аномалій, які можуть бути пов'язані з нерівномірним навантаженням або початковими дефектами елементів двигуна. Таким чином, аналіз просторового розподілу $B(x, y)$ дозволяє здійснювати локалізацію дефектів та оцінювати стан електромагнітної системи. На рис. 2 наведено часову залежність струму в обмотках двигуна. Спостерігається періодична пульсація струму відносно номінального значення, що є типовою для робочих режимів електропривода.

Разом з тим, збільшення амплітуди або зміна частоти пульсацій може свідчити про: перевантаження, дисбаланс, дефекти ротора або статора. Отже, аналіз функції $I(t)$ забезпечує ефективну діагностику динамічних режимів роботи.

До основних обмежень запропонованого підходу слід віднести спрощений характер математичного моделювання електромагнітних процесів, зокрема використання узагальненої функціональної залежності $B(x, y, t)$ без урахування складної геометрії двигуна, нелінійних властивостей матеріалів та теплових ефектів. Крім того, на точність визначення параметрів впливають завади вимірювальних каналів, обмежена роздільна здатність сенсорів та зовнішні електромагнітні впливи. Використана 2D-візуалізація (рис. 1) не повністю відображає просторову структуру магнітного поля, що може призводити до втрати

інформації про об’ємні ефекти. Аналогічно, аналіз пульсацій струму (рис. 2) базується на ідеалізованому сигналі та не враховує складні спектральні компоненти, характерні для реальних умов експлуатації.

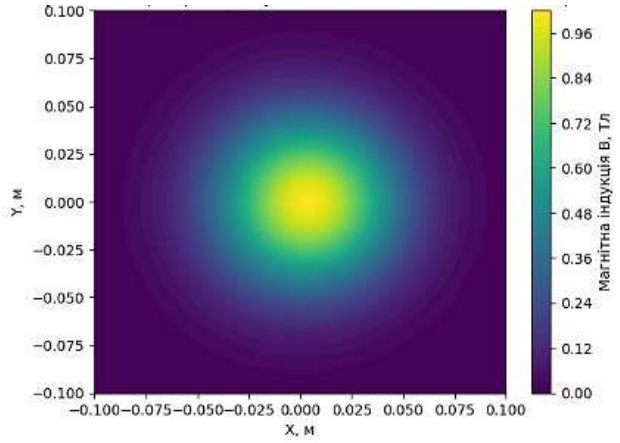


Рисунок 1 – Карта розподілу магнітного поля навколо статора

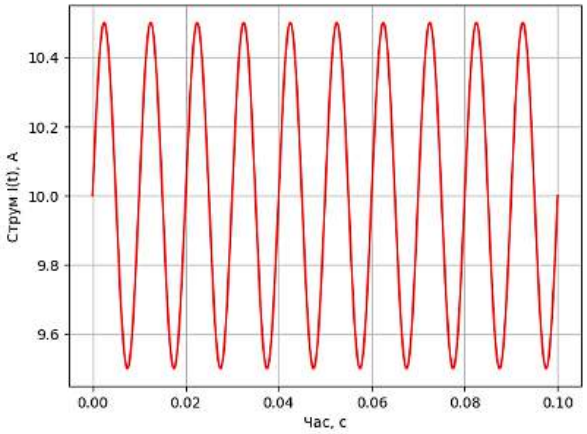


Рисунок 2 – Пульсації струму в обмотках двигуна

До основних обмежень запропонованого підходу слід віднести спрощений характер математичного моделювання електромагнітних процесів, зокрема використання узагальненої функціональної залежності $B(x, y, t)$ без урахування складної геометрії двигуна, нелінійних властивостей матеріалів та теплових ефектів. Крім того, на точність визначення параметрів впливають завади вимірювальних каналів, обмежена роздільна здатність сенсорів та зовнішні електромагнітні впливи. Використана 2D-візуалізація (рис. 1) не повністю відображає просторову структуру магнітного поля, що може призводити до втрати інформації про об’ємні ефекти. Аналогічно, аналіз пульсацій струму (рис. 2) базується на ідеалізованому сигналі та не враховує складні спектральні компоненти, характерні для реальних умов експлуатації.

Перспективи подальших досліджень полягають у розширенні моделей до повноцінного 3D-аналізу електромагнітних полів; інтеграції методів машинного навчання для автоматичної класифікації дефектів; розробці інтелектуальних сенсорних систем для безперервного моніторингу; врахуванні теплових та механічних факторів у комплексній моделі діагностики; створенні цифрових двійників електроприводів для прогнозування відмов.

Висновки. 1. Електромагнітні методи дозволяють оперативно контролювати стан приводів та своєчасно виявляти відхилення режимів роботи. 2. Візуалізація 2D-карти магнітного поля допомагає локалізувати аномалії у статорі та роторі двигуна. 3. Графіки пульсацій струму забезпечують діагностику дисбалансів і перевантажень. 4. Використання цих методів підвищує надійність та енергоефективність лінії виробництва вовни.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нестерчук Д. М., Курашкін С. Ф. Діагностування за струмом, як метод захисту електромеханічної системи з асинхронними електродвигунами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2019. № 1. С. 45–52. URL: https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/190

2. Liu F., Hou C., Liang L., Zhang X., Liu D., Wang X. Winding fault detection based on current information of induction motors. *Scientific Reports*. 2025. URL: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/40866525

3. Sintoni M., Macrelli E., Bellini A., Bianchini C. Condition Monitoring of Induction Machines: Quantitative Analysis and Comparison. *Sensors*. 2023. URL: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9866328

УДК 616.1

3D-БІОДРУК ТКАНИН І ОРГАНІВ

Західняк П. В., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасна медицина стикається з серйозною проблемою дефіциту донорських органів для трансплантації. Одним із найбільш перспективних напрямів її вирішення є використання технології 3D-біодруку, яка дозволяє створювати штучні тканини та органи з використанням живих клітин. Ця інноваційна технологія поєднує досягнення біології, інженерії та матеріалознавства, відкриваючи нові можливості для регенеративної медицини.

3D-біодрук — це процес пошарового створення біологічних структур за допомогою спеціальних «біочорнил», що містять живі клітини та біоматеріали. На відміну від традиційного 3D-друку, у біодруці використовуються клітинні культури, які здатні рости, взаємодіяти та формувати функціональні тканини. Основною метою цієї технології є створення структур, максимально наближених до природних тканин людини.

Одним із головних напрямів застосування 3D-біодруку є створення штучних органів для трансплантації. Сучасні дослідження демонструють можливість друку таких тканин, як шкіра, кістки, судини, а також більш складних органів — печінки, нирок і серця ([ScienceDirect][1]).

У процесі 3D-біодруку використовуються різні методи, зокрема екструзійний, струменевий та фотополімеризаційний друк. Кожен із них має свої переваги залежно від типу тканини та необхідної точності ([Tandf Online][2]). Важливу роль відіграють біочорнила — спеціальні матеріали, що містять клітини та біосумісні компоненти. Вони повинні забезпечувати життєздатність клітин, а також відповідати механічним і біологічним властивостям тканини. Сучасні дослідження активно розвивають нові типи гідрогелів і біоматеріалів, які покращують якість друкованих структур.

Основними перевагами 3D-біодруку є можливість створення персоналізованих органів, зменшення залежності від донорів і розвиток нових методів лікування. Крім того, ця технологія сприяє розвитку фармакології та біомедичних досліджень.

Водночас існують і значні труднощі: складність відтворення повноцінних функціональних органів, необхідність точного контролю умов друку, висока вартість технологій та етичні питання. Незважаючи на це, сучасні дослідження демонструють значний прогрес у цьому напрямі, включаючи інтеграцію штучного інтелекту та нових матеріалів для підвищення ефективності біодруку ([ScienceDirect][3]).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Wu Z., Liu R., Shao N., Zhao Y. Developing 3D bioprinting for organs-on-chips. *Lab on a Chip*. 2025. URL: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2025/lc/d4lc00769g (дата звернення: 03.04.2026).

2. Sun X. et al. Recent advances in 3D bioprinting of tissues and organs for transplantation and drug screening. *Virtual and Physical Prototyping*. 2024. URL: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452759.2024.2384662 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Engineering the future of organ transplantation: A comprehensive review of 3D bioprinting advances for organ bioengineering. *Bioprinting*. 2026. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405886625000806 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 631.22:681.5

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ НА БАЗІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ДАТЧИКІВ

Зікеєва В. П., бакалавр, e-mail: valeriazik15@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

У сучасному тваринництві оптимальні умови мікроклімату є ключовим фактором для підтримання здоров'я тварин, їх продуктивності та якості продукції. Порушення температурного, вологості, вентиляційного та газового режимів у приміщеннях можуть призводити до зниження росту та розвитку тварин, збільшення захворюваності та економічних втрат. Традиційні системи керування мікрокліматом часто є неефективними через обмежені можливості моніторингу, відсутність адаптивності до змінних умов і залежність від ручного управління, що знижує їх енергоефективність та надійність.

У зв'язку з цим актуальним є впровадження автоматизованих систем керування мікрокліматом на базі інтелектуальних датчиків. Такі системи дозволяють здійснювати постійний моніторинг ключових параметрів середовища, таких як температура, вологість, концентрація газів (аміаку, CO_2), швидкість повітря та інші, і забезпечувати адаптивне регулювання технологічних процесів опалення, вентиляції та зволоження. Використання інтелектуальних датчиків та алгоритмів аналізу даних забезпечує більш точне, оперативне і енергоефективне керування, зменшуючи витрати енергоресурсів та підвищуючи надійність системи.

Автоматизовані системи з інтелектуальними датчиками дозволяють не лише підтримувати оптимальні умови мікроклімату, але й прогнозувати їх зміни, виявляти аварійні ситуації та своєчасно реагувати на них. Це особливо важливо в умовах високої щільності тварин і великих виробничих приміщень, де навіть короткочасне порушення мікроклімату може мати значні наслідки. Крім того, підвищення енергоефективності роботи систем керування мікрокліматом сприяє зниженню експлуатаційних витрат та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище [1].

Сучасний розвиток технологій Інтернету речей (IoT), штучного інтелекту та автоматизованих систем керування відкриває нові можливості для інтеграції інтелектуальних датчиків у промислові ферми. Такі системи дозволяють реалізувати алгоритми самонавчання, оптимізації режимів опалення, вентиляції та зволоження, що підвищує продуктивність тварин та стабільність технологічного процесу.

Особливої актуальності дана тема набуває в умовах підвищення вартості енергоресурсів, збільшення вимог до якості продукції та екологічності технологій у тваринництві. Використання енергоефективних автоматизованих систем керування на базі інтелектуальних датчиків дозволяє зменшити енергоспоживання, підвищити надійність роботи систем та створити комфортні умови для тварин, що позитивно впливає на їх продуктивність та економічні показники господарства.

Таким чином, розробка енергоефективної системи автоматизованого керування мікрокліматом тваринницьких приміщень на базі інтелектуальних датчиків є актуальним науково-технічним завданням, що спрямоване на підвищення ефективності, надійності та екологічності технологічних процесів у тваринництві, оптимізацію витрат ресурсів та забезпечення високих стандартів утримання тварин.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г., Кравченко С. М., Мошенко І. О., Червінський Л. С., Панченко А. І., Семен Я. В., Іщенко В. В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підручник у 2 томах. Том 1. Київ: Агроосвіта, 2012. 584 с.

УДК 615-47

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ АЕРОДИНАМІКИ НОСОВОЇ ПОРОЖНИНИ

Кандауров І. В., здобувач 3-го рівня освіти, e-mail: ihor.kandaurov@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Носова Я. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Аеродинаміка носової порожнини традиційно визначається взаємодією нестаціонарного в'язкого потоку з порожниною з надзвичайно складною геометрією (звуження в області носового клапана, носова перетинка, носові раковини, окремі локальні опори, хоани) [1, 2]. Крім того проявляється зміна конфігурації носової порожнини через відповідні зміни у слизової оболонки, зокрема, набряк, носовий цикл) [3]. Основним сучасним інструментальним методом дослідження аеродинаміки носової порожнини є активна передня/задня риноманометрія [3, 4], яка дозволяє визначити аеродинамічний носовий опір за відношенням вимірювальних значень перепаду тиску та витрати повітря [5]. Цей метод дозволяє оцінити саме фізіологічну функцію дихання.

Іншим інструментальним методом дослідження носової порожнини є томографія – рентгенівська спіральна, або магнітнорезонансна [2, 3]. Ці підходи дозволяють отримати інформацію саме про конфігурацію повітряних шляхів носової порожнини. На основі аналітичного або чисельного CFD-моделювання за даними перетинів томографічної геометричної моделі можливо визначати функціональні характеристики верхніх дихальних шляхів на основі вхідних показників фізіологічної норми [5–7].

Об'єднання таких підходів дозволяє не лише визначити функціональні порушення носового дихання, а ще й визначати саме ділянки з підвищеним локальним опором а також проводити віртуальне моделювання ринохірургічних втручань для відновлення функції носового дихання. Перспективою досліджень є оцінка можливостей даних методів при прогнозуванні функціональних результатів оперативних втручань при різних патологіях верхніх дихальних шляхів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аврунін О. О. Засоби для визначення пневматичної потужності при диханні людини / О. О. Аврунін, Я. В. Носова, Н. О. Шушляпіна // Актуальні задачі медичної, біологічної фізики та інформатики : Матеріали доповідей та виступів всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю 27 квітня 2022 р. Вінниця: Едельвейс, 2022. С. 20-22.

2. Аврунін О. Г., Носова Я. В., Семенець В. В., Філатов В. О., Шушляпіна Н. О. Сучасні методи діагностики респіраторно-ольфакторної функції. Харків: ХНУРЕ; 2021. 150 с.

3. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодянський Є. В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія [за ред. С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.

4. Аврунин О. Г., Носова Я. В., Худаева С. А. Особенности исследования носового дыхания при физических нагрузках. Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурноспортивної освіти в Україні: тези доп. 5-ї всеукраїнської науково-практичної конференції. 2018. С. 117–119.

5. Щапов, П. Ф. Повышение достоверности контроля и диагностики объектов в условиях неопределенности: монография / П. Ф. Щапов, О. Г. Аврунин. Харьков: ХНАДУ, 2011. 192 с.

6. Деякі особливості доказового тестування носового дихання / Б. В. Привалов, Д. Е. Лебедєв, Ібрагім Юнусс Абделхамід, О. О. Аврунін, Н. О. Шушляпіна // Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 6 листопада 2024 р. Харків : Держ. біотехнологічний ун-т, 2024. С. 245-246.

7. Носова Я. В. Особливості застосування назальних розширювачів під час фізичних тренувань / Я. В. Носова, Н. О. Шушляпіна, О. О. Аврунін // ІІІ Міжнародна науково-практична конференція «Здоров'я нації і вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти". Харків: НТУ "ХПІ", 2023. С. 203-207.

УДК 619:615.84

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТИМУЛЯЦІЇ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ ОПОРНО-РУХОВОГО АПАРАТУ ТВАРИН

Кантемир В. О., бакалавр, e-mail: kantemir200505@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

У сучасній ветеринарній медицині значна увага приділяється лікуванню та реабілітації захворювань опорно-рухового апарату тварин, оскільки такі патології є одними з найбільш поширених і можуть суттєво знижувати рухову активність, продуктивність та якість життя тварин. До найбільш розповсюджених проблем належать травми, запальні процеси, дегенеративні захворювання суглобів, а також атрофія м'язів, що виникає внаслідок тривалого обмеження рухливості. Ефективна реабілітація таких станів є важливим завданням ветеринарної медицини [1].

Традиційні методи лікування включають медикаментозну терапію, фізіотерапію, масаж і лікувальну фізкультуру. Однак вони не завжди забезпечують достатньо швидке відновлення функцій опорно-рухового апарату, особливо у випадках значних ушкоджень або післяопераційних станів. У зв'язку з цим актуальним є впровадження сучасних методів фізіотерапевтичного впливу, серед яких особливе місце займає електростимуляція.

Електростимуляція є методом впливу на м'язову та нервову тканини за допомогою електричних імпульсів певної частоти, амплітуди та тривалості. Такий вплив сприяє активізації скорочення м'язів, покращенню кровообігу, стимуляції обмінних процесів і відновленню нервово-м'язової провідності. Використання електростимуляції дозволяє ефективно запобігати атрофії м'язів, прискорювати процес регенерації тканин та відновлення функцій кінцівок у тварин після травм або хірургічних втручань [2].

Перевагами електростимуляції є її відносна безпечність, неінвазивність і можливість точного дозування параметрів впливу. Сучасні електростимулятори дозволяють регулювати частоту, силу струму та тривалість імпульсів, що забезпечує індивідуальний підхід до лікування залежно від виду тварини, характеру захворювання та стадії реабілітації. Крім того, використання автоматизованих систем керування дозволяє підвищити ефективність процедур та зменшити вплив людського фактору [1].

Особливої актуальності застосування електростимуляції набуває в умовах розвитку ветеринарної реабілітології та підвищення вимог до якості лікування домашніх і сільськогосподарських тварин. Вона широко використовується при лікуванні паралічів, парезів, травм м'язів і зв'язок, а також у післяопераційний період. Електростимуляція дозволяє скоротити терміни відновлення, підвищити ефективність лікування та зменшити витрати на реабілітацію.

Висновок. Застосування електростимуляції для реабілітації опорно-рухового апарату тварин є актуальним науково-практичним напрямом, який сприяє підвищенню ефективності лікування, відновленню функціонального стану тварин та розвитку сучасних методів ветеринарної медицини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kernell D., Eerbeek O., Verhey B. A., and Donseleaar Y. Effects of physiological amounts of high-and low-rate chronic stimulation on fast twitch muscle of the cat hindlimb. 1. Speed- and force-related proper ties. *J. Neurophysiol*. 2017.Vol. 58. Pp. 598–613.

2. Eerbeek O., Kernell D., and Verhey B. A. Effects of fast and slow patterns of tonic long-term stimulation on contractile properties of fast muscle in the cat. *J. Physiol*. 2014. Vol. 352. Pp. 73–90.

УДК 621.313.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ЕФЕКТУ ПІД ЧАС ПЕРЕРОБКИ ПЕРО-ПУХОВОЇ СИРОВИНИ В ЕЛЕКТРИЧНОМУ ГІДРОЛІЗАТОРІ

Коваль Є. В., аспірант, e-mail: evg.koval@nubip.edu.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Заблодський М. М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Кератин – поширений структурний білок, зокрема пов’язаний з організмом птахів і має місце в структурі кігтів та пір’я. На сьогодні багата кератином біомаса побічних продуктів птахівництва становить вагому загрозу для навколишнього середовища. В цілях промисловості кератин є цінним продуктом для медичної, фармацевтичної, косметичної, біотехнологічної та інших галузей. Досягнення найбільш ефективних параметрів технологічного процесу переробки складає основну науково-технічну задачу [1]. Оскільки процес відбувається в герметичній реакційній зоні електричного гідролізера при тисках до 15 МПа і температурах до 230 ℃, безпосередній контроль тиску в зоні відомими вимірювальними засобами практично важко реалізувати.

Основне завдання полягало у дослідженні можливості створення електричного сигналу, що використовується для безпосереднього визначення тиску в реакційній зоні шляхом попереднього градуювання вихідної напруги п’єзоелектричного генератора (давача тиску) за величиною деформації. На рисунку 1 представлено структурну схему випробувального стенду.

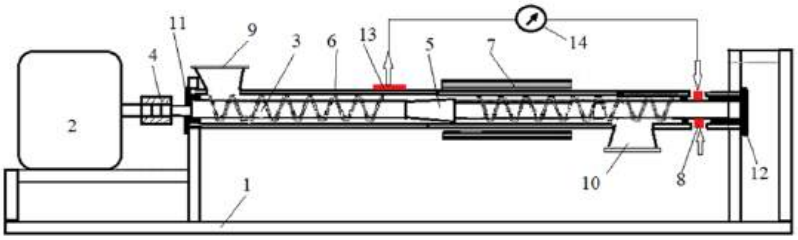


Рисунок 1 – Схема випробувального стенду: 1 – станина, 2 – електропривод, 3 – шнек, 4 – ізоляційна муфта, 5 – конус шнека, 6 – корпус шнека, 7 – нагрівач, 8 – ковзний електричний контакт з шнеком, 9, 10 – завантажувальний і вивантажувальний бункери, 11, 12 – підшипникові втулки з ізоляційного матеріалу, 13 – нерухомий електричний контакт з корпусом шнека, 14 – вимірювальний прилад

Прикладене механічне напруження формує між корпусом шнека та конусом пружну деформацію у нецентросиметричному діелектрику, яким є куряче пір’я, і спричиняє електричну поляризацію, тобто перерозподіл в ньому електричних зарядів [2]. Визначено еквівалентний п'єзоелектричний коефіцієнт курячого пір’я, що характеризує поздовжній п’єзоефект в електричному гідролізері, та отримані осцилограми генерованих сигналів.

Запропонований спосіб і отримані результати дозволяють оперативно коригувати параметри технологічного процесу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Патент України на корисну модель № 158661. Електричний гідролізатор для виготовлення білкового борошна з перо-пухової сировини / Заблодський М. М., Каплун В. В., Троханяк В. І., Коваль Є. В., Васюк В. В. Опубл. 05.03.2025, Бюл. № 10.

2. Біоматеріали у мікро- та наноелектроніці: навч. посібник для студентів спец. 161 «Хімічні технології та інженерія» і 176 «Мікро- та наносистемна техніка» / Барбаш В. А., Клочко Н. П., Копач В. Р.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 327 с.

УДК 615.8

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ЛАЗЕРНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ДЕРМАТОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ВРХ

Комаричев О. В., студ., e-mail: oleksiikomarychev@gmail.com
Науковий керівник – ст. викл. Сухін В. В.
Державний біотехнологічний університет

У сучасній ветеринарній медицині все більшого поширення набувають фізіотерапевтичні методи лікування, серед яких важливе місце займає лазерна терапія. Використання лазерних установок у лікуванні дерматологічних захворювань великої рогатої худоби (ВРХ) зумовлене їх високою ефективністю, безпечністю та можливістю безконтактного впливу на уражені ділянки шкіри [1].

Принцип дії лазерного випромінювання полягає у передачі енергії клітинам тканин, що сприяє активізації біохімічних процесів. Під впливом лазера покращується кровообіг, стимулюється синтез білків і ферментів, підвищується імунна реактивність організму. Це, у свою чергу, забезпечує швидше відновлення пошкоджених тканин, зменшення набряку та запалення, а також зниження больових відчуттів у тварин [1].

Лазерні установки, що використовуються у ветеринарній практиці, можна класифікувати за потужністю та призначенням. Найбільш поширеними є низькоінтенсивні лазери, які застосовуються для лікування поверхневих уражень шкіри, таких як дерматити, тріщини, рани та виразки. Вони діють м’яко, не викликаючи пошкодження тканин, і можуть використовуватися багаторазово без ризику ускладнень [1].

Іншою важливою групою є діодні лазери, які відзначаються високою ефективністю при лікуванні інфекційних та запальних процесів. Завдяки своїм технічним характеристикам, вони забезпечують глибше проникнення випромінювання в тканини, що дозволяє впливати на патологічні процеси навіть у глибоких шарах шкіри. Такі установки часто використовуються в умовах господарств завдяки їх мобільності та зручності експлуатації [2].

Окрему категорію становлять хірургічні лазери, які застосовуються для проведення оперативних втручань. Вони дозволяють здійснювати точне розсічення тканин із мінімальною травматизацією та одночасною коагуляцією судин. Це значно знижує ризик кровотечі та інфікування, а також скорочує період післяопераційного відновлення [2].

Сучасні тенденції розвитку лазерних технологій у ветеринарії спрямовані на створення універсальних установок, які поєднують декілька режимів роботи. Такі пристрої дозволяють виконувати як терапевтичні, так і хірургічні процедури, що робить їх особливо ефективними у комплексному лікуванні дерматологічних захворювань ВРХ [1].

Крім того, впровадження лазерних технологій у ветеринарну практику сприяє підвищенню економічної ефективності господарств. Скорочення термінів лікування, зменшення витрат на медикаменти та зниження втрат продуктивності тварин позитивно впливають на загальні показники виробництва. Це робить лазерні установки перспективним напрямом розвитку сучасної ветеринарії [1].

Отже, застосування лазерних установок у ветеринарній практиці є перспективним напрямом, що забезпечує підвищення ефективності лікування, зменшення використання медикаментів та покращення добробуту тварин [1, 2]. Подальші дослідження та вдосконалення лазерних технологій сприятимуть їх широкому впровадженню у галузі тваринництва [1].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Winkler C. J., Miller L. A. Laser Therapy in Veterinary Medicine: Photobiomodulation. Hoboken: John Wiley & Sons, 2025. 560 p.

2. Riegel R. J., Godbold J. C. Laser Therapy in Veterinary Medicine: Photobiomodulation. Ames: Wiley-Blackwell, 2017. 512 p.

УДК 631.52:004.8:628.33

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТЕПЛИЦІ З УПРОВАДЖЕННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ МЕТОДІВ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ВОДИ ТА ПОВІТРЯ

Компанієць Ю. Ф., бакалавр, e-mail: vadlk2889@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні електромеханічні системи теплиць потребують підвищення енергоефективності та забезпечення безпечних умов вирощування рослин. Традиційні методи знезараження води та повітря (хімічні реагенти) мають обмеження: високі витрати, залишки речовин, корозію обладнання та вплив на довкілля. У зв'язку з цим актуальним є впровадження електромагнітних методів знезараження, що дозволяють значно покращити якість середовища, зменшити енерговитрати та підвищити довговічність технічних систем.

Метою дослідження є модернізація електромеханічних систем теплиці шляхом інтеграції електромагнітних установок для знезараження води та повітря та оцінка їх впливу на енергоефективність системи порівняно з традиційними методами.

Для досягнення цієї мети застосовувалися: електромагнітне УФ-обладнання для знезараження води, озонатори та іонізатори для очищення повітря, моніторинг енергоспоживання за допомогою датчиків та енергометра, а також аналіз якості води та повітря до та після обробки. Результати дослідження представлені у табл. 1.

Таблиця 1 – Результати дослідження

Час обробки (хв)	Вода, % зниження	Повітря, % зниження
0	0	0
2	30	25
5	55	50
10	80	70
15	95	90

Табл. 1 демонструє, що мікробне навантаження у воді та повітрі значно зменшується вже через 5–10 хвилин обробки, а повне знезараження досягається через 15 хвилин. Це підтверджує високу ефективність електромагнітних методів порівняно з традиційними хімічними способами. Для оцінки енергоефективності системи було проведено порівняння споживання електроенергії традиційною та модернізованою системами теплиці, табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння споживання електроенергії традиційною та модернізованою системами теплиці

Час роботи (год)	Традиційна система, %	Модернізована система, %
0	0	0
5	50	40
10	80	65
15	100	75

Як видно з табл. 2, модернізована система споживає на 15–25 % менше електроенергії, при цьому забезпечує ефективне знезараження води та повітря, що дозволяє знизити витрати та підвищити екологічну безпеку виробництва.

Таким чином, впровадження електромагнітних методів знезараження у теплицях дозволяє: підвищити продуктивність і безпеку агросередовища, зменшити використання хімічних реагентів, підвищити енергоефективність систем та знизити експлуатаційні витрати. Результати дослідження можуть бути застосовані у комерційних та дослідних теплицях для широкого впровадження сучасних технологій енергозбереження та санітарної безпеки.

УДК 631.563:621.384

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРООЗОНУЮЧОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ПОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ ЗБЕРІГАННЯ ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ У СХОВИЩАХ

Корнієнко С. К., бакалавр, e-mail: kornienko@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

В умовах сучасного розвитку агропромислового комплексу особливої актуальності набуває проблема збереження якості та зменшення втрат овочевої продукції під час тривалого зберігання. Значна частина врожаю втрачається внаслідок розвитку мікрофлори, процесів гниття, дихання продукції та несприятливих умов мікроклімату у сховищах. У зв'язку з цим зростає необхідність впровадження ефективних, екологічно безпечних технологій, здатних забезпечити подовження терміну зберігання продукції без застосування хімічних консервантів.

Одним із перспективних напрямів є використання озону, який має виражені окиснювальні та бактерицидні властивості. Озон ефективно знищує бактерії, грибки, віруси та інші мікроорганізми, що є основними причинами псування овочевої продукції. Крім того, він сприяє зниженню концентрації етилену — газу, що прискорює процеси дозрівання та старіння плодів. Важливою перевагою озону є його здатність швидко розкладатися до кисню, що робить цей метод безпечним для навколишнього середовища та людини при дотриманні допустимих концентрацій.

Ефективність використання озону значною мірою залежить від параметрів його генерації та подачі, що обумовлює необхідність обґрунтування характеристик електроозонуючих установок. До основних параметрів належать концентрація озону, продуктивність генератора, напруга та частота електричного поля, а також тривалість обробки і режим подачі озону у сховище. Неправильний вибір цих параметрів може призвести як до недостатнього знезаражувального ефекту, так і до пошкодження продукції або негативного впливу на персонал.

Електроозонуючі установки працюють за принципом утворення озону в електричному розряді, найчастіше коронному, при пропусканні повітря або кисню через зону високої напруги. У таких умовах молекули кисню дисоціюють з утворенням атомарного кисню, який далі взаємодіє з молекулярним киснем, утворюючи озон. Ефективність цього процесу визначається параметрами електричного поля, геометрією електродів та характеристиками робочого середовища [1].

При обґрунтуванні параметрів установки необхідно враховувати об'єм сховища, тип овочевої продукції, температуру та вологість повітря, а також допустимі концентрації озону. Відомо, що оптимальні концентрації озону для зберігання овочів знаходяться в межах, які забезпечують пригнічення мікрофлори, але не викликають фізіологічних пошкоджень тканин продукції. Також важливим є рівномірний розподіл озону у просторі сховища, що досягається за рахунок правильно організованої системи подачі та циркуляції повітря.

Таким чином, обґрунтування параметрів електроозонуючої установки є складним інженерним завданням, що потребує врахування як фізичних процесів утворення озону, так і біологічних особливостей зберігання овочевої продукції. Раціональний вибір параметрів дозволяє значно зменшити втрати продукції, підвищити її якість та забезпечити економічну ефективність технології зберігання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мартиненко І. І., Головінський Б. Л., Лисенко В. П. та ін. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. Київ: Урожай, 1995. 412 с.

УДК 537.8:615.849:611.7

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ РЕГЕНЕРАЦІЇ КІСТКОВОЇ ТА М'ЯЗОВОЇ ТКАНИНИ У ТВАРИН

Коростійова М. Р., бакалавр, e-mail: marina_kh@meta.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Відновлення кісткової та м'язової тканини у тварин є важливим завданням ветеринарної медицини та біомедичної інженерії, особливо при травмах, післяопераційній реабілітації та хронічних захворюваннях опорно-рухового апарату. Застосування електромагнітних полів (ЕМП) розглядається як ефективний неінвазивний метод стимуляції регенерації, який впливає на клітинні механізми росту та диференціації. Актуальність досліджень зростає у зв'язку з необхідністю підвищення ефективності лікування та скорочення термінів відновлення тканин [1, 2]. Наукові дослідження свідчать, що низькочастотні та надвисокочастотні ЕМП стимулюють остеогенез і міогенез за рахунок активації клітинного метаболізму та підвищення синтезу білків [2]. Імпульсні ЕМП сприяють прискоренню загоєння переломів і підвищують щільність кісткової тканини. Встановлено також позитивний вплив ЕМП на м'язову тканину – покращення кровообігу та зменшення запальних процесів. Сучасні дослідження спрямовані на визначення оптимальних параметрів впливу (частота, інтенсивність, тривалість) та вивчення молекулярних механізмів дії ЕМП. Разом із тим існують суперечливі дані щодо ефективності різних режимів стимуляції, що потребує подальших досліджень.

Метою роботи є аналіз застосування ЕМП для стимуляції регенерації кісткової та м'язової тканини у тварин і визначення шляхів підвищення ефективності методів. Вплив ЕМП на біологічні тканини реалізується через зміну електричного потенціалу клітинних мембран, активацію іонних каналів та стимуляцію внутрішньоклітинних сигнальних шляхів. У кістковій тканині ЕМП сприяють проліферації остеобластів, підвищенню синтезу колагену та мінералізації матриксу, прискорюючи регенерацію. У м'язовій тканині вони стимулюють кровообіг, покращують постачання кисню та поживних речовин, активують відновлення м'язових волокон. Особливо ефективні імпульсні ЕМП, що забезпечують періодичний вплив і стимулюють адаптаційні механізми. Практичне застосування включає лікування переломів, прискорення загоєння ран, відновлення після травм і операцій. Використання спеціалізованих апаратів дозволяє регулювати параметри впливу відповідно до типу тканини та стану тварини. Інтеграція таких технологій у комплексні програми реабілітації підвищує ефективність лікування та скорочує період відновлення. Основні проблеми – відсутність єдиних стандартів, складність визначення оптимальних параметрів впливу та індивідуальні особливості реакції організму. Також необхідно враховувати можливі побічні ефекти та забезпечувати безпечність застосування електромагнітного випромінювання. Перспективи розвитку пов'язані з удосконаленням апаратури, розробкою персоналізованих методик та інтеграцією біосенсорів для контролю ефективності терапії. Важливим є також використання методів моделювання для оптимізації параметрів впливу та прогнозування результатів лікування.

Застосування ЕМП є перспективним методом стимуляції регенерації кісткової та м'язової тканини у тварин. Встановлено, що ЕМП активують клітинні процеси, прискорюють загоєння та покращують функціональний стан тканин. Основні проблеми – відсутність стандартизації та варіабельність біологічної відповіді, перспективи розвитку – удосконалення технологій та підвищення ефективності лікування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Foster K. R., Schwan H. P. Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review // Crit. Rev. Biomed. Eng. – 1989. – Vol. 17(1). – P. 25 – 104.

2. Markov M. S. Pulsed electromagnetic fields in biology and medicine // The Environmentalist. – 2007. – Vol. 27. – P. 465 – 475.

УДК 637.1:621.3.015

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У МОЛОКОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Кощій В. С., бакалавр, e-mail: vladislavkoshiy@gmail.com-
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні молокопереробні підприємства характеризуються високим рівнем енергоспоживання, що пов'язано передусім із застосуванням традиційних методів теплової обробки сировини, зокрема пастеризації. Використання високих температур призводить не лише до значних енергетичних витрат, але й до часткової втрати біологічно активних компонентів молока. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних методів інтенсифікації технологічних процесів, серед яких перспективним напрямом є застосування електромагнітних полів (ЕМП).

ЕМ-обробка молочної сировини базується на впливі електромагнітного поля певної частоти та інтенсивності на клітинні структури мікроорганізмів. Під дією поля відбувається порушення цілісності клітинних мембран, зміна їх проникності та пригнічення життєдіяльності бактерій. При цьому, на відміну від традиційної термічної обробки, не відбувається значного нагріву продукту, що дозволяє зберегти його харчову цінність. Для реалізації процесу ЕМ обробки використовується спеціалізована установка, яка включає джерело живлення, ЕМП та камеру обробки, через яку проходить потік молока.

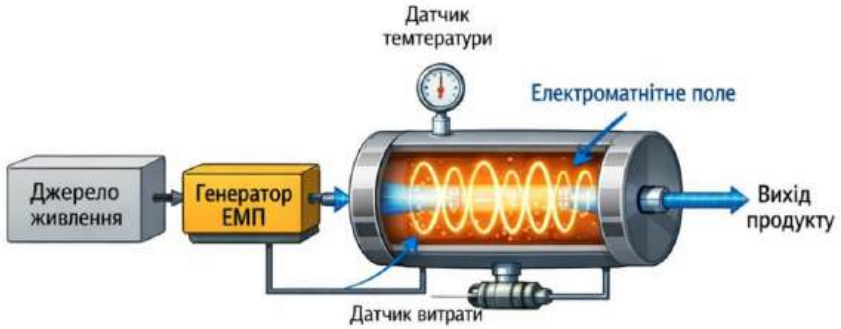


Рисунок 1 – Схема установки електромагнітної обробки молока

У процесі обробки молоко проходить через зону дії ЕМП, де відбувається інактивація мікроорганізмів. Контроль параметрів процесу здійснюється за допомогою датчиків температури, витрати та інтенсивності поля.

Ефективність ЕМ-обробки доцільно оцінювати за ступенем зниження кількості мікроорганізмів у продукті. Порівняння з традиційними методами показує, що електромагнітні технології забезпечують більш швидке досягнення необхідного рівня мікробіологічної безпеки. Важливою перевагою ЕМ-технологій є зниження енергоспоживання. Це досягається за рахунок відсутності необхідності нагріву продукту до високих температур, скорочення тривалості обробки та зменшення теплових втрат. За оцінками, впровадження ЕМ-обробки дозволяє знизити енерговитрати на 20–40 % у порівнянні з традиційними методами.

ЕМ-обробка позитивно впливає на якість готової продукції. Зокрема, забезпечується краще збереження вітамінів, білкових структур та органолептичних характеристик молока. Це дозволяє підвищити конкурентоспроможність продукції та її харчову цінність. Разом із тим, впровадження ЕМ-технологій потребує врахування вимог електробезпеки. Основними заходами є екранування робочих зон, заземлення обладнання, а також обмеження впливу ЕМП на обслуговуючий персонал. Дотримання цих вимог забезпечує безпечну експлуатацію електротехнічного комплексу молокопереробного підприємства.

УДК 619.9

АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ДЛЯ РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОННИХ БАЗ ДАНИХ

Кравченко М. О., студ., e-mail: Kuliya1986@gmail.com
Науковий керівник – ст. викл. Сухін В. В.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні інформаційні системи у ветеринарних клініках неможливо уявити без електронних баз даних, які забезпечують ефективне зберігання, обробку та управління інформацією про тварин, власників, лікарів, призначення лікування та фінансові операції. Для створення та підтримки таких баз використовуються спеціалізовані програмні інструменти – системи управління базами даних (СУБД) та допоміжні засоби розробки [1, 2]. Вибір інструментів залежить від масштабу клініки, кількості пацієнтів, вимог до продуктивності, надійності та безпеки.

Найпоширенішими є реляційні СУБД, які організовують інформацію у вигляді таблиць із рядками та стовпцями. Для ветеринарної клініки це можуть бути таблиці з відомостями про користувачів, записи прийомів, процедури та фінансові операції. Переваги реляційних СУБД включають високу надійність, підтримку стандартної мови SQL і забезпечення цілісності даних [1]. Вони дозволяють відстежувати історію лікування тварин, графіки прийому лікарів, наявність медикаментів та ведення обліку фінансів. Недоліком таких систем може бути складність масштабування при роботі з великими обсягами даних у мережевих клініках.

Нереляційні (NoSQL) бази даних застосовують для обробки великих масивів різнорідної інформації, наприклад, медичних зображень, результатів лабораторних аналізів, статистики відвідуваності або історії вакцинацій. Вони забезпечують гнучку структуру зберігання даних, високу продуктивність і масштабованість, проте часто не гарантують сувору цілісність даних, характерну для реляційних моделей [2].

Важливу роль у розробці баз даних відіграють інтегровані середовища розробки (IDE) та інструменти адміністрування. Вони дозволяють створювати структуру бази, писати запити, оптимізувати продуктивність і здійснювати резервне копіювання. Сучасні системи часто мають графічний інтерфейс, що спрощує роботу адміністраторів та лікарів. Крім того, існують хмарні рішення, які дають змогу працювати з базою даних віддалено, що особливо зручно для мережевих клінік або мобільних ветеринарних сервісів.

Безпека даних є критично важливою. СУБД пропонують механізми автентифікації, розмежування доступу, шифрування та аудит дій користувачів, що дозволяє захистити персональні дані власників та медичну історію пацієнтів. Надійність і відмовостійкість забезпечуються за рахунок регулярного резервного копіювання та реплікації даних.

Отже, вибір програмних інструментів для розробки електронних баз даних у ветеринарній клініці залежить від конкретних потреб закладу. Реляційні СУБД краще підходять для структурованих даних, тоді як NoSQL-системи ефективні при роботі з великими та різнорідними масивами інформації. Використання сучасних інструментів розробки та адміністрування підвищує ефективність роботи клініки, забезпечує безпеку та стабільність системи. Таким чином, правильний підхід до вибору і використання програмних засобів є ключовим фактором успішної реалізації інформаційної системи ветеринарної клініки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дейт К. Дж. Введення в системи баз даних / К. Дж. Дейт. – Київ: Діалектика, 2019. – 672 с.

2. Сілбершац А., Корт Г., Сударшан С. Основи систем баз даних / А. Сілбершац, Г. Корт, С. Сударшан. – Київ: Вільямс, 2020. – 832 с.

УДК 631.22:621.317.5

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ПТАШНИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Кулик С. С., бакалавр, e-mail: sergeyskulik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Забезпечення оптимального мікроклімату у пташниках є ключовим фактором для підвищення продуктивності птиці, збереження її здоров'я та якості продукції. Основними параметрами мікроклімату є температура, вологість, концентрація газів і швидкість повітряних потоків. Вентиляційні установки забезпечують циркуляцію повітря та підтримання цих параметрів на необхідному рівні. Однак традиційні системи вентиляції часто працюють з постійною швидкістю обертання електроприводів вентиляторів, що призводить до нерівномірного мікроклімату, перевитрати електроенергії та зниження енергоефективності.

Модернізація електроприводів вентиляційних установок із використанням частотного регулювання дозволяє змінювати швидкість обертання вентиляторів відповідно до потреб мікроклімату. Це забезпечує більш точне регулювання параметрів середовища, зниження енергоспоживання та підвищення надійності системи. Частотне регулювання дозволяє адаптувати роботу вентиляційної установки до змінних умов, таких як температура зовнішнього повітря, щільність поголів'я та добові коливання температури, що є особливо важливим для підтримання стабільного мікроклімату в пташниках.

Використання частотного регулювання дає можливість не тільки підвищити енергоефективність, а й зменшити механічне зношування вентиляторів та електроприводів, подовжити термін служби обладнання та скоротити витрати на технічне обслуговування. Системи з частотним керуванням дозволяють реалізувати алгоритми автоматичного регулювання на основі сигналів датчиків температури, вологості та концентрації газів, що підвищує точність контролю та знижує залежність від ручного управління.

Особливої актуальності ця проблема набуває у контексті зростання вартості енергоресурсів, потреби зменшення енергоспоживання та підвищення економічної ефективності птахівницьких комплексів. Інтеграція сучасних частотних перетворювачів у вентиляційні установки дозволяє досягти значної економії електроенергії, підвищити продуктивність птахів та забезпечити стабільність технологічного процесу.

Таким чином, модернізація електропривода вентиляційної установки пташника з використанням частотного регулювання є актуальним науково-технічним завданням. Вона спрямована на підвищення енергоефективності, надійності та точності роботи систем вентиляції, оптимізацію витрат енергоресурсів та забезпечення стабільного мікроклімату для підвищення продуктивності та здоров'я птиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва / за ред. І. І. Мартиненка. Київ: Урожай, 1995. 224 с.

2. Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г., Кравченко С. М., Мошенко І. О., Червінський Л. С., Панченко А. І., Семен Я. В., Іщенко В. В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підручник у 2 томах. Том 1. Київ: Агроосвіта, 2012. 584 с.

УДК 674.047

ЕФЕКТИВНІСТЬ ІНФРАЧЕРВОНОГО СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

Куліковський О. В., магістр ННІ ЕАЕ, e-mail: sacakuli@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Червінський Л. С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Інфрачервоне сушіння деревини — це перспективний метод видалення вологи з деревини за допомогою випромінювання інфрачервоного діапазону (λ ≈ 0,75–1000 мкм).

На відміну від традиційного конвективного сушіння, де тепло передається через нагріте повітря, при ІЧ-сушінні теплова енергія передається безпосередньо у матеріал через випромінювання. Інфрачервоне випромінювання поглинається поверхнею деревини і частково проникає в її структуру. Поглинута енергія перетворюється на тепло, що викликає нагрівання деревини, що призводить до випаровування вологи шляхом дифузії пари (молекул води) до поверхні. Нижче на графіку наведено результати дослідження зміни вологості деревини в процесі зростання температури.

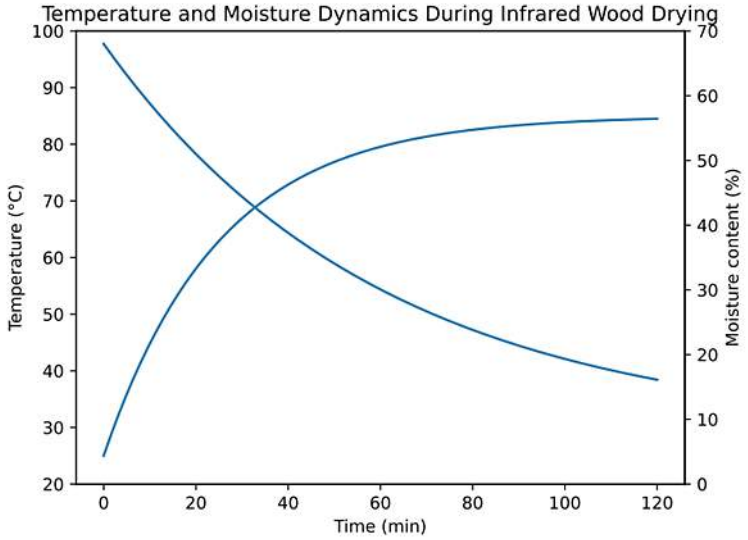


Рисунок 1 – Динаміка температури та вологості деревини під час інфрачервоного сушіння

Аналізуючи криві можна констатувати, що:

• підвищення температури прискорює випаровування вологи;

• зменшення вологості змінює теплофізичні властивості деревини;

• у пізній стадії швидкість процесу випаровування вологи обмежується зменшенням внутрішньої дифузії вологи.

Аналіз графіка показує, що інфрачервоне сушіння забезпечує швидке підвищення температури деревини та інтенсивне видалення вологи на початкових стадіях процесу, що дозволяє значно скоротити тривалість сушіння порівняно з традиційними конвективними методами. У кінцевій стадії швидкість процесу визначається внутрішньою дифузією вологи в структурі деревини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Huang D. et al. «Application of infrared radiation in the drying of food products», Trends in Food Science & Technology, vol. 110, pp. 765–777, 2021, doi: 10.1016/j.tifs.2021.02.039.

2. Andersson M., Persson L., Sjöholm M., and Svanberg S. «Spectroscopic studies of wood-drying processes», Optics Express, vol. 14, no. 8, pp. 3641–3653, 2006, doi: 10.1364/OE.14.003641.

3. Gandía Ventura et al. «Kinetic models of wood biomass drying in hot airflow», Applied Sciences, vol. 14, no. 15, p. 6716, 2024, doi: 10.3390/app14156716.

УДК 616.1

БІОСЕНСОРИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ДЛЯ БЕЗПЕРЕРВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я

Кучер Д. О., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Стрімкий розвиток біомедичних технологій сприяє появі новітніх засобів контролю стану здоров'я, серед яких особливе місце займають біосенсори нового покоління. Ці пристрої забезпечують безперервний моніторинг фізіологічних показників людини в режимі реального часу, що відкриває нові можливості для профілактики, ранньої діагностики та персоналізованої медицини.

Біосенсори являють собою аналітичні пристрої, які перетворюють біологічні сигнали (наприклад, концентрацію глюкози або рівень кисню) у вимірювані електричні або оптичні сигнали. Сучасні технології дозволяють інтегрувати такі сенсори в компактні ношені пристрої — смарт-годинники, браслети, пластирі або навіть розумні кільця. Вони можуть безперервно відстежувати життєво важливі показники, такі як частота серцевих скорочень, рівень кисню в крові, фізична активність та інші параметри здоров'я ([blog.lebara.co.uk][1]).

Ношені біосенсори стали важливим інструментом сучасної медицини завдяки своїй мобільності та зручності використання. Вони дозволяють здійснювати контроль стану пацієнта не лише в медичних установах, а й у повсякденному житті. Наприклад, сучасні пристрої можуть вимірювати пульс, артеріальний тиск, рівень кисню в крові та інші показники, передаючи дані на смартфон або у хмарні сервіси для подальшого аналізу ([Mediacom][2]).

Особливу увагу приділяють розробці біосенсорів для безперервного моніторингу рівня глюкози, що є критично важливим для пацієнтів із цукровим діабетом. Традиційні методи вимірювання є інвазивними, однак новітні технології спрямовані на створення неінвазивних або мінімально інвазивних сенсорів.

Біосенсори для вимірювання пульсу та рівня кисню в крові (SpO_2) є одними з найпоширеніших у ношених пристроях. Вони базуються на оптичних методах, зокрема фотоплетизмографії, що дозволяє безперервно відстежувати серцевий ритм і насичення крові киснем.

Отже, біосенсори нового покоління є важливим елементом сучасної медицини, що забезпечує безперервний контроль стану здоров'я. Розробка носимих пристроїв для вимірювання глюкози, пульсу та рівня кисню відкриває нові можливості для персоналізованого лікування та профілактики захворювань. У майбутньому такі технології стануть невід'ємною частиною системи охорони здоров'я.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Continuous glucose monitoring using wearable devices: technological achievements and world trends. *Міжнародний ендокринологічний журнал*. 2025. URL: https://www.researchgate.net/publication/395993636 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Ozkahraman E. E. et al. High performance wearable sensor for real-time sweat glucose monitoring. *arXiv*. 2024. URL: https://arxiv.org/abs/2412.19633 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Liu L. et al. Wearable optical sensor for non-invasive glucose detection. *arXiv*. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2504.17339 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 617-089.84:615.84

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕРМІЧНОГО ВПЛИВУ ПРИ ЗВАРЮВАННІ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР

Кучер Д. О., бакалавр, e-mail: oceanalexx@gmail.com
Наукові керівники: к.т.н., проф. Михайлова Л. М., к.т.н., доц. Козак О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Для дослідження процесу зварювання тканин було зімітовано властивості судини в середовищі програми Ansys, отже, почали із створення моделі матеріалу, який буде відповідати дійсним властивостям судинних тканин. Це потрібно щоб правильно симулювати поведінку судини та її реакції на дослідження. Для досліду брали модель середньої за розмірами судини, яка має зовнішній та середній шари у відповідності 2:1.

Під час досліджень було визначено, що найбільш оптимальною є напруга близько 17 Вольт. Час з початкового в 1 секунду було збільшено до 3 секунд, що дозволило температурі в місці зварювання розподілитись більш рівномірно, що в свою чергу забезпечить більш рівномірне зварювання тканин (рис. 1).

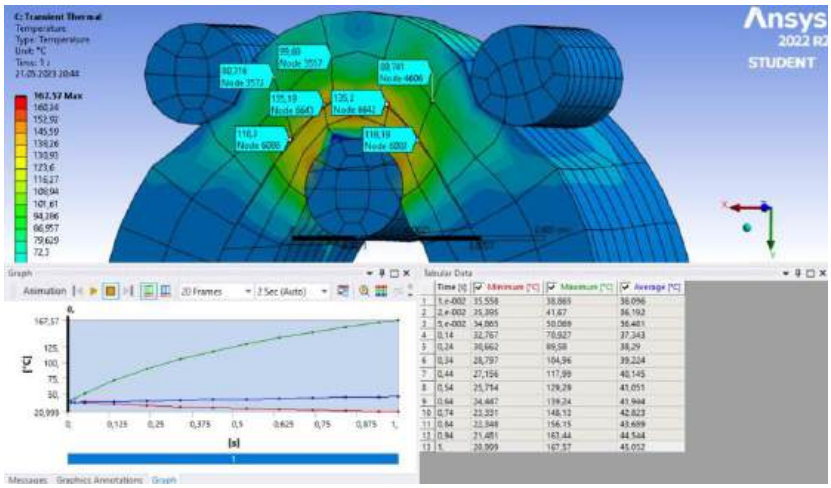


Рисунок 1 – Розподіл температури в зоні зварювання за 3 секунди, залежність температури від часу при 17 В у розрізі

Як видно з результату дослідження, температура розподілена достатньо рівномірно для успішного зварювання судини. Місце найбільшого нагрівання утворюється в безпосередній близькості до контакту і тільки в кінці впливу струму, що через нетривалий вплив не зможе нанести тканинам значної шкоди. Більшість же зони впливу перебуває при температурі максимально близькій до 100 °С, що при такому часі застосування інструменту призведе до успішного зварювання тканини.

Говорячи про температурний аналіз моделі, варто зазначити, що температура, необхідна для успішного зварювання тканин має знаходитись в діапазоні від 90°С, через невеликий час експерименту тканини не встигають дійти до стану некрозу, руйнується лише близько половини клітин в місці зварювання.

Зруйновані клітини виділяють в тканину білки, що допомагають «склеїти» решту тканини в одне ціле, тим часом решта клітин, що залишились живими після зварювання, призведуть до швидкого загоєння всього місця впливу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mykhailova L., Kozak O., Kosulina N., Potapsky P., Cherenkov A. Determinig the parameters of the acoustic system for the primary treatment of wool. *Eastern European Journal of Enterprise Technologies Open source preview*. 2018. Vol. 3(5-93). Pp. 61–68.

УДК 631.53:537.8

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА НАСІННЯ РІПАКУ

Лавренко Д. С., аспірант, e-mail: tigrossimo@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

В умовах сучасних економічних і геополітичних викликів питання розвитку альтернативних джерел енергії в Україні набуває особливої актуальності. Одним із перспективних напрямів є вирощування ріпаку з метою подальшого виробництва біодизеля.

Україна традиційно залишається залежною від імпорту нафтопродуктів, що створює ризики для стабільного функціонування економіки та аграрного сектору. Використання біодизеля, отриманого з ріпакової олії, дозволяє частково замістити традиційні види пального та забезпечити внутрішні потреби, зокрема у сільськогосподарській техніці. Це сприяє підвищенню рівня енергетичної безпеки та зменшенню впливу зовнішніх факторів на паливний ринок.

Економічна доцільність вирощування ріпаку також є важливим аргументом на користь розвитку цього напряму. Ріпак характеризується високою рентабельністю, стабільним попитом на внутрішньому та зовнішньому ринках, а також вигідними умовами експорту до країн Європейського Союзу. Переробка ріпаку на біодизель дозволяє створювати додану вартість всередині країни, сприяє розвитку переробної промисловості та створенню нових робочих місць.

Не менш важливими є екологічні аспекти використання біодизеля. У порівнянні з традиційними видами палива, біодизель характеризується значно нижчим рівнем викидів вуглекислого газу, відсутністю сірки та кращою біорозкладністю. Це відповідає сучасним вимогам щодо зменшення негативного впливу на довкілля та сприяє реалізації принципів сталого розвитку. Вирощування ріпаку та виробництво біодизеля узгоджується з кліматичною політикою Європейського Союзу, що відкриває для України додаткові можливості для співпраці та інтеграції.

Агрономічні переваги ріпаку також відіграють важливу роль у його популярності серед сільськогосподарських культур. Він позитивно впливає на структуру ґрунту, сприяє зменшенню забур’яненості та покращує умови для вирощування наступних культур у сівозміні. Це дозволяє підвищити загальну ефективність використання земельних ресурсів.

Електромагнітне поле є однією з фундаментальних форм матерії, що виникає внаслідок руху електричних зарядів і характеризується взаємопов’язаними електричним та магнітним компонентами. Основними параметрами, які визначають властивості електромагнітного поля, є напруженість електричного поля, магнітна індукція, частота коливань та довжина хвилі. Взаємозв’язок між частотою та довжиною хвилі визначається через швидкість поширення електромагнітних хвиль. У практичних агробіофізичних дослідженнях застосовують як статичні, так і змінні поля, причому найбільший інтерес становлять змінні електромагнітні поля низької та високої частоти.

Опис електромагнітних процесів базується на класичних рівняннях електродинаміки, які встановлюють зв’язок між електричними та магнітними явищами. У випадку гармонічного поля зміна напруженості електричного компонента в часі може бути представлена синусоїдальною залежністю:

$$E(t) = E_0 sin(\omega t), \quad (1)$$

де амплітуда поля визначає його максимальне значення, а циклічна частота пов’язана з частотою коливань. Такий підхід дозволяє описувати вплив електромагнітного поля на біологічні об’єкти з урахуванням часових змін параметрів [1].

Насіння ріпаку являє собою складну біологічну систему, що містить клітини з напівпроникними мембранами, запасні поживні речовини, ферментні системи та певну кількість води. Взаємодія електромагнітного поля з такими системами відбувається на молекулярному та клітинному рівнях. Одним із основних механізмів є поляризація молекул, зокрема води, яка має дипольну структуру. Під дією електромагнітного поля диполі орієнтуються відповідно до напрямку поля, що призводить до зміни внутрішньої організації клітинного середовища.

Крім того, електромагнітне поле впливає на рух заряджених частинок, зокрема іонів кальцію, калію та натрію, які відіграють важливу роль у підтриманні електрохімічного потенціалу клітинних мембран. Зміна швидкості та напрямку руху іонів спричиняє модифікацію мембранного потенціалу, що, у свою чергу, впливає на транспорт поживних речовин і регуляцію метаболічних процесів. За певних умов можливе явище електропорації, при якому проникність клітинних мембран тимчасово зростає, що сприяє більш інтенсивному надходженню води та розчинених речовин у клітину.

Біофізичні ефекти дії електромагнітного поля проявляються у вигляді активації ферментативних процесів. Зокрема, підвищується активність ферментів, відповідальних за розщеплення запасних речовин, що забезпечує швидше формування енергетичної бази для проростання. Одночасно спостерігається підвищення інтенсивності енергетичного обміну, що пов’язано зі збільшенням синтезу аденозинтрифосфату. Це створює сприятливі умови для розвитку зародка та формування первинних органів рослини.

Важливим аспектом є вплив електромагнітного поля на процес гідратації насіння. Під дією поля змінюються властивості води, зокрема її структура та здатність проникати в клітини. Це призводить до більш швидкого та рівномірного набухання насіння, що є критичним етапом перед початком проростання. Покращення водного балансу безпосередньо впливає на швидкість біохімічних реакцій і загальну життєздатність насіння.

Ефективність дії електромагнітного поля значною мірою залежить від його параметрів, зокрема частоти, інтенсивності та тривалості впливу. Дослідження показують, що низькочастотні поля здатні стимулювати біологічні процеси без значного теплового ефекту, тоді як високочастотні поля можуть викликати додатковий нагрів тканин. Інтенсивність поля визначає силу впливу: при малих значеннях ефект є незначним, при оптимальних — досягається максимальна стимуляція, а при надмірних — можливе пригнічення життєвих процесів. Тривалість обробки також має оптимальний діапазон, оскільки як недостатній, так і надмірний вплив знижує ефективність методу.

З енергетичної точки зору взаємодія електромагнітного поля з насінням може бути охарактеризована через кількість поглинутої енергії, яка залежить від напруженості поля та часу дії. Зі збільшенням напруженості навіть незначне зростання призводить до суттєвого підвищення енергетичного впливу, що необхідно враховувати при виборі режимів обробки. Це пояснює наявність оптимальних параметрів, за яких досягається максимальний біостимулюючий ефект без негативних наслідків [1].

Таким чином, теоретичні основи впливу електромагнітних полів на насіння ріпаку базуються на комплексі фізичних і біофізичних процесів, що включають поляризацію молекул, зміну іонного транспорту, активацію ферментативної діяльності та покращення енергетичного обміну. Сукупність цих механізмів забезпечує стимуляцію проростання та підвищення життєздатності насіння. Отже, електромагнітна обробка може розглядатися як ефективний інструмент підвищення продуктивності рослинництва за умови оптимального підбору параметрів впливу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system / A. Cherenkov, M. Chorna, V. Popriadukhin, I. Popova, N. Kosulina. *Eastern-European Journal of Enterptise Technologies*. 2017. № 6/5 (90). С. 58–65.

УДК 631.4:537.8.

МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ҐРУНТІВ

Лактіонов В. А.[1], бакалавр, e-mail: laktionov2017witya@gmail.com
Колокольніков В. О.[2], бакалавр, e-mail: vikkol04@gmail.com
Наукові керівники: к.т.н., доц. Черепньов І. А.[1], к.т.н. Пісня Л. А.[3]
[1] Державний біотехнологічний університет
[2] Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
[3] Наукова-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Посилення техногенної дії на довкілля і глобальні зміни клімату, привели до того, що 2/3 території України фактично розташовані в зоні ризикованого землеробства, а понад 6 млн га земель сільськогосподарського призначення потребують консервації [1]. В [2] представлені дані деградації ґрунту на території України за типами, серед яких присутнє і забруднення радіонуклідами, пестицидами, органічними речовинами і важкими металами. Крім того, існує небезпека забруднення земельного покриву нафтовими вуглеводнями [3]. Як зазначено в [4], прогнозується, що по всій Європі близько 250 000 об’єктів будуть сильно забруднені нафтовими вуглеводнями з трьох мільйонів потенційно забруднених. Наявність високої в'язкості нафтових вуглеводнів призводить до зниження пористості ґрунту і погіршення проникності. Це явище негативно впливає на мікробіологічне середовище в ґрунті. Крім того, леткі органічні сполуки (ЛОС) та напівлеткі органічні сполуки (НЛОС) проявляють канцерогенні, тератогенні та мутагенні ефекти. Також в [4] наведено огляд застосування фізичних, хімічних і біотехнологічних методів в рекультивації ґрунтів. Серед термічних методів рекультивації забруднених земель найбільш перспективним є використання мікрохвильового нагріву. Завдяки особливостям мікрохвильової технології (МХТ) можливий селективний нагрів, тепловий і атермічний вплив. У порівнянні з традиційною технологією нагріву, видалення забруднень відбувається при більш низькій температурі з меншим часом обробки і споживанням енергії [4]. Забруднення ґрунтів важкими металами (ВМ) це глобальна проблема [5]. Забезпечення довготривалої стабільності ВМ в ґрунті в процесі іммобілізації є складним завданням. МХТ може сприяти іммобілізації ВМ у вигляді кристалів і мінералів. Наданий у [5] всебічний огляд результатів рекультивації забруднених ґрунтів застосування МХТ іммобілізації ВМ, та показано їх високу ефективність, рівномірність та селективність, а також їх широкі перспективи застосування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лещенко Р. 6 млн га земель сільськогосподарського призначення потребують консервації. *Урядовий портал*. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/6-mln-ga-zemel-silskogospodarskogo-priznachennya-potrebuyut-konservaciyi-roman-leshchenko (дата звернення: 03.04.2026).

2. Сучасні проблеми деградації ґрунтів і заходи щодо досягнення нейтрального її рівня / С. А. Балюк та ін. *Вісник аграрної науки.* 2016. № 1. С. 11-17. https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201601-02.

3. Бабаджанова О. Ф. Роль сорбентів при ліквідації аварійних виливів нафти і нафтопродуктів із поверхні ґрунту. *Актуальні проблеми управління у сфері цивільного захисту*: матеріали І Всеукраїнської наук.-практ. конф. (05 жовтня 2012 р.). Харків, 2012. С. 28-33.

4. Zhang Y., Song H., Zanganeh J., Moghtader B. A. Review on microwave assisted thermal remediation of hydrocarbons contaminated soil: Influential factors, mechanism, and prospective. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2024. № 12. 114726. https://doi.org/10.1016/j.jece.2024.114726

5. Huang H., Juan J., Ma R., Zhang D. and all. Review on microwave immobilization of soil heavy metals: Processes and mechanisms. *Journal of Environmental Management*. 2024. Vol. 370. 122824. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.122824

УДК 537.226:616-073

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН ТВАРИН У НАДВИСОКОЧАСТОТНОМУ ДІАПАЗОНІ ДЛЯ БІОМЕДИЧНИХ ДОДАТКІВ

Ляшков Д. П., бакалавр, e-mail: denislaskov5@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Дослідження діелектричних характеристик біологічних тканин у надвисокочастотному (НВЧ) діапазоні є одним із ключових напрямів сучасної біомедичної інженерії, що обумовлено зростанням використання електромагнітних методів у діагностиці, терапії та моніторингу стану біологічних об’єктів. Властивості тканин у НВЧ-діапазоні визначаються їх структурою, вмістом води, іонною провідністю та морфологічними особливостями, що відкриває можливості для неінвазивного контролю фізіологічного стану організму. Актуальність теми зростає у зв’язку з розвитком технологій мікрохвильової томографії, гіпертермії, сенсорних систем та безконтактної діагностики [1, 4].

Наукові дослідження показують, що діелектричні параметри, зокрема діелектрична проникність та питомі втрати, суттєво змінюються залежно від частоти електромагнітного поля та типу тканини [2, 3]. Відомі роботи Габріеля та співавторів присвячені систематизації електричних властивостей тканин у широкому частотному діапазоні, включаючи НВЧ [1–3]. Значний внесок зроблено також у дослідження механізмів поляризації (дипольна, іонна, міжфазна), які визначають частотну дисперсію властивостей біологічних середовищ [4]. Сучасні публікації акцентують увагу на використанні векторних аналізаторів мереж, коаксіальних та хвилевідних вимірювальних осередків, а також чисельного моделювання (метод FDTD) для визначення параметрів тканин [5, 6]. Водночас залишається недостатньо дослідженою варіабельність параметрів для тканин тварин різного виду та стану, що ускладнює стандартизацію отриманих результатів [7].

Метою роботи є дослідження діелектричних характеристик біологічних тканин тварин у надвисокочастотному діапазоні та визначення можливостей їх використання для розроблення біомедичних пристроїв і діагностичних систем.

Діелектричні характеристики біологічних тканин у НВЧ-діапазоні визначаються комплексною діелектричною проникністю, яка враховує як накопичення енергії (дійсна частина), так і її втрати (уявна частина) [2]. Основними факторами, що впливають на ці параметри, є вміст води, концентрація електролітів, температура, щільність тканини та її структурна організація [4]. У тканинах із високим вмістом води (м’язова, мозкова) спостерігаються більші значення діелектричної проникності та втрат, ніж у жировій тканині, що обумовлює контрастність у мікрохвильових методах візуалізації [5].

Експериментальні дослідження проводяться з використанням НВЧ-діапазону частот (від сотень МГц до десятків ГГц), що дозволяє враховувати релаксаційні процеси дипольної поляризації води [3]. Для визначення параметрів застосовуються методи вимірювання коефіцієнтів відбиття та проходження електромагнітної хвилі, з подальшим розрахунком комплексної проникності [6]. Особливу роль відіграє точність калібрування вимірювальних систем і забезпечення стабільності контактних умов між зондом і досліджуваним зразком [5], рис. 1. Ліва частина ілюстрації показує залежність діелектричної проникності (ε' – реальна частина, ε'' – уявна частина) від частоти у НВЧ-діапазоні для тканин тварин. Права частина демонструє експериментальну установку: зразок біологічної тканини розміщено у коаксіальному або хвилевідному осередку, зонд подає НВЧ-сигнал, а аналізатор мереж вимірює коефіцієнти відбиття та проходження для розрахунку комплексної діелектричної проникності. Стрілки відображають напрямок електромагнітного сигналу.

До основних проблем дослідження належать біологічна неоднорідність тканин, зміна властивостей після вилучення з організму, температурна залежність параметрів, а також складність відтворення однакових експериментальних умов [7]. Крім того, існують труднощі

у стандартизації методик вимірювання та узгодженні результатів, отриманих різними дослідницькими групами [1]. Важливою проблемою є також вплив електромагнітного поля на сам об'єкт дослідження, що може призводити до локального нагрівання і зміни властивостей тканини під час експерименту [4].

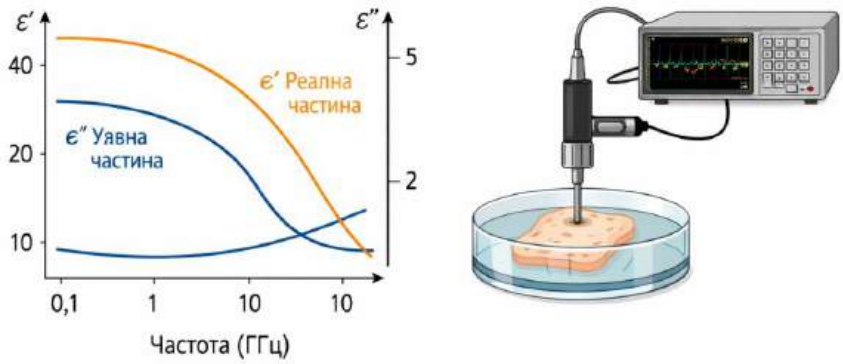


Рисунок 1 – Вимірювання діелектричних характеристик біологічної тканини

Перспективи використання діелектричних характеристик біологічних тканин у НВЧ-діапазоні пов'язані з розвитком систем ранньої діагностики захворювань, зокрема онкологічних, де зміни структури тканини супроводжуються змінами її електрофізичних параметрів [5]. Перспективним є створення портативних сенсорів для ветеринарної медицини, систем контролю якості біологічних матеріалів, а також використання НВЧ-випромінювання для терапевтичних цілей (гіпертермія, стимуляція тканин) [6]. Додатково, інтеграція експериментальних даних із чисельним моделюванням відкриває можливості для створення цифрових двійників біологічних об'єктів та оптимізації параметрів медичних пристроїв [3].

У результаті проведеного аналізу встановлено, що діелектричні характеристики біологічних тканин тварин у НВЧ-діапазоні є інформативним параметром для діагностики та моделювання біофізичних процесів. Визначено основні фактори, що впливають на електрофізичні властивості тканин, та окреслено ключові проблеми експериментальних досліджень, пов'язані з неоднорідністю біологічних об'єктів і відсутністю уніфікованих методик. Показано, що подальший розвиток методів вимірювання та обробки даних дозволить підвищити точність біомедичних систем і розширити сферу застосування НВЧ-технологій у ветеринарії та медицині.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Gabriel C., Gabriel S., Corthout E. The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey // Phys. Med. Biol. – 1996. – Vol. 41. – P. 2231–2249.

2. Gabriel S., Lau R. W., Gabriel C. The dielectric properties of biological tissues: II. Measurements in the frequency range 10 Hz to 20 GHz // Phys. Med. Biol. – 1996. – Vol. 41. – P. 2251–2269.

3. Gabriel S., Lau R. W., Gabriel C. The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of tissues // Phys. Med. Biol. – 1996. – Vol. 41. – P. 2271–2293.

4. Foster K. R., Schwan H. P. Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review // Crit. Rev. Biomed. Eng. – 1989. – Vol. 17(1). – P. 25–104.

5. Lazebnik M. et al. A large-scale study of the ultrawideband microwave dielectric properties of normal, benign and malignant breast tissues // Phys. Med. Biol. – 2007. – Vol. 52. – P. 6093–6115.

6. Semenov S. Y., Corfield D. R. Microwave tomography for brain imaging: feasibility assessment for stroke detection // Int. J. Antennas Propag. – 2008. – Article ID 254830.

7. Joines W. T., Zhang Y., Li C., Jirtle R. L. The measured electrical properties of normal and malignant human tissues from 50 to 900 MHz // Med. Phys. – 1994. – Vol. 21(4). – P. 547 – 550.

УДК 621.3:631.52

АНАЛІЗ І РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ І ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ БОРОШНОМЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА З УПРОВАДЖЕННЯМ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Мацюк В. Є., бакалавр, e-mail: vadlk2889@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Борошномельне виробництво є енергомістким та технічно складним процесом, що включає роботу електромеханічного та електротехнічного обладнання: млини, конвеєри, вентилятори, насоси, системи кондиціювання повітря та допоміжні установки для обробки матеріалів. Основними проблемами сучасних підприємств є високі витрати електроенергії, ризик аварій та потреба у забезпеченні санітарної безпеки. Традиційні методи знезараження, що передбачають застосування хімічних реагентів, створюють додаткові витрати, спричиняють корозію обладнання, ускладнюють технічне обслуговування та створюють ризики для персоналу. В останні роки ефективним вирішенням цих проблем вважають впровадження електромагнітних технологій**,** які дозволяють оптимізувати роботу систем, підвищити енергоефективність, знизити експлуатаційні ризики та забезпечити безпечну обробку води та повітря [1, 2].

Метою дослідження є аналіз і розрахунок електромеханічних і електротехнічних систем борошномельного підприємства з оцінкою ефективності впровадження електромагнітних технологій та розробкою заходів енергозбереження і безпеки експлуатації.

Сучасні дослідження підтверджують ефективність електромагнітних методів знезараження. Зокрема, Nowak та Bilski [1] показали, що електромагнітна обробка води дозволяє знизити мікробне навантаження на 80–95 %, а Smith [2] довів ефективність електромагнітних озонаторів та УФ-ламп для знезараження повітря в промислових системах вентиляції. Doe [3] зазначає, що впровадження електромагнітних технологій дозволяє зменшити енергоспоживання на 15–25 % без втрати продуктивності обладнання, а Patel та Singh [4] доводять, що комбіноване застосування УФ і електромагнітних систем підвищує ефективність знезараження до 95 %.

На основі цих досліджень можна зробити висновок, що електромагнітні технології доцільні для модернізації борошномельних підприємств з точки зору економії енергії, підвищення санітарної безпеки та забезпечення стабільної роботи обладнання.

Для оцінки ефективності знезараження води та повітря у борошномельному підприємстві було проведено експериментальні розрахунки з порівнянням електромагнітної (ЕМ) та традиційної обробки. Результати представлені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Зниження мікробного навантаження у воді та повітрі (%)

Час обробки, хв	Вода (ЕМ)	Вода (традиц)	Повітря (ЕМ)	Повітря (традиц)	Коментар
0	0	0	0	0	Початковий рівень
2	28	15	22	12	Легка обробка
5	52	30	48	28	Середня ефективність
10	78	55	68	45	Висока ефективність
15	94	70	88	60	Повне знезараження

Для оцінки енергоефективності системи було проведено порівняння споживання електроенергії основними типами обладнання: конвеєри, насоси, вентилятори та кондиціонери. Результати наведено у таблицях 2–4.

Дані таблиць демонструють, що використання електромагнітних технологій дозволяє значно знизити енергоспоживання та одночасно забезпечити ефективне знезараження води, повітря та обладнання.

Таблиця 2 – Енергоспоживання систем борошномельного підприємства

Час роботи, год	Конвеєр (ЕМ)	Конвеєр (традиц)	Насос (ЕМ)	Насос (традиц)	Вентилятор (ЕМ)	Вентилятор (традиц)
0	0	0	0	0	0	0
5	40	50	35	45	40	50
10	65	82	60	75	62	80
15	75	100	70	95	72	100

Таблиця 3 – Енергоспоживання насосів та вентиляторів (% від номінальної потужності)

Час роботи, год	Насос (ЕМ)	Насос (традиц)	Вентилятор (ЕМ)	Вентилятор (традиц)	Коментар
0	0	0	0	0	Початковий рівень
5	35	45	40	50	Часткове навантаження
10	60	75	62	80	Середнє навантаження
15	70	95	72	100	Повне навантаження

Таблиця 4 – Енергоспоживання систем кондиціювання (% від номінальної потужності)

Час роботи, год	Кондиціонер (ЕМ)	Кондиціонер (традиц)	Температура, °C	Вологість, %	Коментар
0	0	0	24	55	Початковий рівень
5	45	55	22	50	Часткова робота
10	70	85	20	45	Середнє навантаження
15	80	100	18	40	Повна робота

Упровадження інтелектуальних систем контролю та автоматизації дозволяє відстежувати роботу кожного обладнання в реальному часі, корегувати режим обробки та оптимізувати витрати електроенергії [3, 4]. Перспективи розвитку включають використання інтелектуальних систем моніторингу**,** інтеграцію **з** відновлюваними джерелами енергії**,** застосування модульних електромагнітних установок**,** що дозволяє підключати їх до різного обладнання без реконструкції виробничих ліній, та впровадження алгоритмів прогнозування енергоспоживання і навантажень для подальшої оптимізації [2, 4].

Недоліками та обмеженнями є висока початкова вартість впровадження**,** потреба у кваліфікованому обслуговуванні**,** можливі обмеження ефективності при збільшених об’ємах води або повітря без відповідного підбору потужності, а також обмеження нормативної бази щодо промислового застосування електромагнітних систем у харчовій промисловості [3].

Таким чином, впровадження електромагнітних технологій у електромеханічні та електротехнічні системи борошномельного підприємства дозволяє ефективно знезаражувати воду, повітря та обладнання, знижувати енергоспоживання, оптимізувати роботу виробничих ліній та підвищити санітарну безпеку. Подальші дослідження повинні зосереджуватися на автоматизації систем та інтеграції з відновлюваними джерелами енергії, а також на впровадженні систем дистанційного моніторингу [1–4].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nowak B., Bilski J. Electromagnetic water treatment review // Journal of Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 67, № 3. – P. 45 – 52.

2. Smith L. Air sterilization in greenhouses using UV and ozone technologies // TechAgro. – 2020. – Vol. 12, № 2. – P. 15–23.

3. Doe J. Energy efficiency in controlled-environment agriculture // Environmental Engineering. – 2022. – Vol. 39, № 4. – P. 101 – 110.

4. Patel K., Singh M. Comparison of traditional vs electromagnetic disinfection // AgriEnergy Journal. – 2023. – Vol. 15, № 1. – P. 55 – 64.

УДК 616.1

НЕЙРОІНТЕРФЕЙСИ (BRAIN-COMPUTER INTERFACES)

Медвідь В. М., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасний розвиток нейротехнологій відкриває нові можливості для взаємодії між людиною та комп'ютером. Одним із найперспективніших напрямів є нейроінтерфейси, або brain-computer interfaces (BCI), які забезпечують прямий зв'язок між мозком і зовнішніми пристроями. Ці технології дозволяють передавати сигнали мозку до комп'ютера без участі м'язової активності, що є особливо важливим для людей із порушеннями рухових функцій.

Нейроінтерфейс — це система, яка зчитує електричну активність мозку, аналізує її та перетворює на команди для керування різними пристроями. Основою роботи BCI є реєстрація сигналів нейронів за допомогою спеціальних сенсорів, які можуть бути як інвазивними (імплантованими безпосередньо в мозок), так і неінвазивними (наприклад, електроенцефалографія — ЕЕГ). Отримані сигнали обробляються за допомогою алгоритмів машинного навчання, що дозволяє інтерпретувати наміри користувача.

Існує декілька основних типів нейроінтерфейсів залежно від способу отримання сигналів. Неінвазивні системи базуються на використанні електроенцефалографії, яка реєструє електричну активність мозку через шкіру голови. Вони є безпечними та доступними, однак мають обмежену точність сигналів.

Інвазивні нейроінтерфейси передбачають імплантацію електродів безпосередньо в тканини мозку. Це дозволяє отримувати більш точні сигнали та забезпечує кращу взаємодію з комп'ютером. Такі технології активно досліджуються для використання в медицині, зокрема для відновлення втрачених функцій організму.

Окремо виділяють напівінвазивні системи, де електроди розміщуються на поверхні мозку під черепом. Вони поєднують відносну безпеку з достатньо високою якістю сигналу.

Одним із найважливіших напрямів застосування нейроінтерфейсів є відновлення рухових функцій у пацієнтів із травмами спинного мозку, інсультом або нейродегенеративними захворюваннями. BCI дозволяють обходити пошкоджені ділянки нервової системи, передаючи сигнали безпосередньо від мозку до виконавчих пристроїв.

Крім того, розробляються системи, які забезпечують прямий зв'язок між мозком і м'язами, минаючи пошкоджені нервові шляхи. Такі технології дозволяють відновлювати контроль над власним тілом навіть після серйозних травм.

Важливим досягненням є також використання нейроінтерфейсів для відновлення мовлення та комунікації у пацієнтів із тяжкими неврологічними порушеннями. BCI можуть декодувати нейронні сигнали, пов'язані з мовленням, і перетворювати їх у текст або синтезований голос [1–3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lebedev M. A., Nicolelis M. A. L. Brain–machine interfaces: From basic science to neuroprostheses and neurorehabilitation. *Physiological Reviews*. 2024. URL: https://journals.physiology.org/doi/10.1152/physrev.00027.2023 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Willett F. R. et al. High-performance brain-to-text communication via handwriting decoding. *Nature*. 2025. URL: https://www.nature.com/articles/s41586-021-03506-2 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Zhang S. et al. Recent advances in brain-computer interface technologies for motor restoration. *arXiv*. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2501.01234 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 615-47

СУЧАСНІ ХІРУРГІЧНІ НАВІГАЦІЙНІ СИСТЕМИ

Мельник В. В., здобувач 3-го рівня освіти, e-mail: valentyn.melnyk@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Авер'янова Л. О.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Сучасні хірургічні навігаційні системи – це спеціалізовані технологічні комплекси, які забезпечують точне визначення положення хірургічних інструментів відносно анатомічних структур пацієнта в режимі реального часу [1, 2]. Вони значно підвищують безпеку та ефективність оперативних втручань, особливо у складних і малотравматичних операціях.

Одним із найпоширеніших типів є оптичні навігаційні системи, робота яких базується на використанні інфрачервоних камер, які відстежують спеціальні маркери, що закріплюються на інструментах і тілі пацієнта. Система визначає їх просторове положення та відображає його на екрані у вигляді 3D-моделі. Основною перевагою цього підходу є висока точність, однак ефективність роботи залежить від наявності прямої видимості між камерами та маркерами, що ускладнює навігаційний процес. Електромагнітні навігаційні системи функціонують на основі створення відповідного електромагнітного поля, в якому розташовуються перетворювачі, що інтегровані в хірургічні інструменти. Це дозволяє визначати їх положення без необхідності прямого контакту або видимості. Такі системи зручні для роботи в обмежених, або закритих анатомічних ділянках, але можуть бути достатньо чутливими до наявності металевих предметів. У системах, що базуються на медичних зображеннях (image-guided surgery systems) використовуються попередньо отримані дані комп'ютерної томографії, або магнітно-резонансної томографії для створення анатомічної 3D-моделі пацієнта [3, 4]. Під час операції положення інструментів співставляється з попередньо створеною моделлю, що дозволяє хірургу точно орієнтуватися у операційному полі. Сучасним напрямом розвитку є робот-асистовані (robot-assisted) навігаційні системи, які поєднують функції навігації з роботизованими маніпуляторами. У таких системах робот може допомагати виконувати рухи з високою точністю відповідно до заздалегідь запланованої траєкторії. Це значно знижує вплив людського фактора, хоча вимагає складного обладнання та відповідної спеціальної підготовки персоналу. У гібридних навігаційних системах об'єднуються кілька технологій одночасно, наприклад оптична та електромагнітна. Це дозволяє компенсувати недоліки кожного окремого методу та забезпечити більш стабільну і точну навігацію під час оперативного втручання.

Різні типи хірургічних навігаційних систем відрізняються принципами роботи, рівнем точності та умовами застосування. Вибір конкретної системи залежить від характеру та типу хірургічного втручання, анатомічної області та технічних можливостей медичного закладу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Avrunin O. G. et al. Principles of computer planning in functional nasal surgery. *Przegląd Elektrotechniczny*. 2017. Vol. 93(3). P. 140–143. DOI: https://doi.org/10.15199/48.2017.03.32.

2. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодянський Є. В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія [за ред. С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.

3. Місоченко С. Ю., Селіванова К. Г., Аврунін О. Г. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD2022*, 19-21 жовтня 2022 р. Харків: НТУ «ХПІ», 2022. С. 902.

4. Avrunin O. et al. Computed tomography dataset analysis for stereotaxic neurosurgery navigation. *Proc. Int. Conf. Advanced Optoelectronics and Lasers (CAOL)*. 2019. P. 606–609. DOI: https://doi.org/10.1109/CAOL46282.2019.9019459.

УДК 621.3:631.544

ЕЛЕКТРОМАГНІТНА ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТЕПЛИЧНОГО КОМБІНАТУ

Миненко А. В., бакалавр, e-mail: Antonio.toha55@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

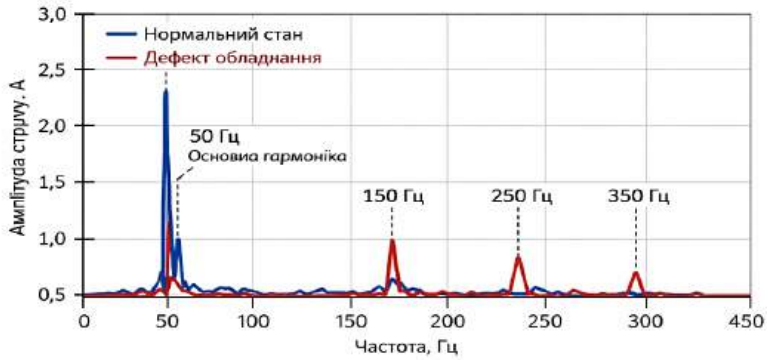
Електротехнічне та електромеханічне обладнання сучасних тепличних комбінатів забезпечує функціонування систем мікроклімату, освітлення, вентиляції та зрошення. Надійність їх роботи визначає ефективність виробництва та рівень енергоспоживання. В умовах підвищеної вологості та агресивного середовища актуальним є застосування методів діагностики, що дозволяють своєчасно виявляти несправності без зупинки технологічного процесу. Одним із перспективних підходів є електромагнітна діагностика, яка базується на аналізі струмів, напруг і параметрів електромагнітного поля. Для електроприводів (вентиляторів, насосів) інформативним є спектральний аналіз струму статора. Поява дефектів (пошкодження обмоток, асиметрія живлення, механічні несправності) призводить до зміни гармонічного складу сигналу.

Для кількісної оцінки використовується коефіцієнт гармонічних спотворень:

$$THD = \frac{\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + \cdots + I_n^2}}{I_1},$$

де I_1 – основна гармоніка, I_n – гармоніки вищих порядків.

Зростання значення *THD* свідчить про погіршення технічного стану електрообладнання. Аналіз виконується за допомогою швидкого перетворення Фур'є, що дозволяє виділити спектр гармонік.



За наявності дефектів спостерігається зростання амплітуд вищих гармонік (150, 250 Гц тощо), що є діагностичною ознакою несправності.

Рисунок 1 – Спектр гармонік струму електродвигуна

Застосування індукційних датчиків та систем збору даних дозволяє реалізувати безперервний моніторинг параметрів у реальному часі. Це особливо важливо для тепличних комбінатів, де відмова обладнання може призвести до порушення технологічного режиму.

Електромагнітна діагностика є ефективним методом контролю стану електрообладнання тепличних комбінатів. Аналіз гармонічного складу струму дозволяє виявляти дефекти на ранніх стадіях. Використання безконтактних методів підвищує надійність і безпеку експлуатації. Впровадження систем моніторингу сприяє зниженню енергоспоживання та витрат на обслуговування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Thomson W. T., Fenger M. Current Signature Analysis to Detect Induction Motor Faults. *IEEE Industry Applications Magazine*. 2001. Vol. 7(4). P. 26–34.

2. Tavner P. Condition Monitoring of Electrical Machines. London: IET, 2008.

УДК 664.9:621.3

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ТОМАТНОГО ПОТОКУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СЕНСОРІВ

Мирний В. В., бакалавр, e-mail: v.myrnyj@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні лінії переробки томатів потребують точного контролю потоку сировини для забезпечення стабільної якості консервованої продукції та енергоефективності. Традиційні механічні датчики часто ушкоджуються через вологу та абразивність сировини. Електромагнітні сенсори дозволяють безконтактно контролювати швидкість і об’єм потоку томатної маси, виявляти сторонні частки та дисбаланс, зберігаючи точність і довговічність системи. Електромагнітний сенсор генерує змінне магнітне поле, що взаємодіє з рухомим потоком томатів. Змінна індукція в сенсорі пропорційна швидкості та об’єму потоку:

$$V_s = k \cdot \frac{dB}{dt} \cdot A,$$

де V_s – вихідна напруга сенсора, k – коефіцієнт чутливості сенсора, dB/dt – швидкість зміни магнітного поля через рух потоку, А – площа перетину потоку томатів.

Ця напруга подається на систему збору даних та обробляється в реальному часі для оцінки швидкості, об’єму та наявності сторонніх металевих предметів.

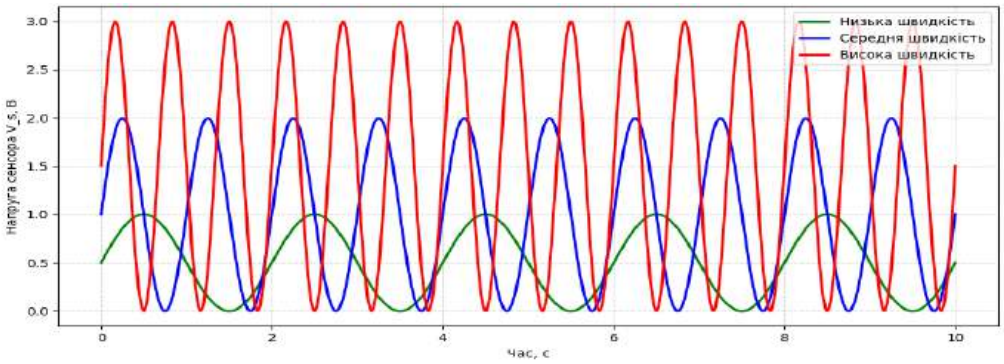


Рисунок 1 – Сигнал сенсора при різних швидкостях потоку томатів

Три криві показують різні швидкості потоку: низька (зелена), середня (синя), висока (червона). Зі зростанням швидкості амплітуда сигналу зростає, а частота пульсацій збільшується, що дозволяє системі визначати швидкість потоку і кількість сировини.

Електромагнітні сенсори забезпечують безконтактний моніторинг потоку томатів і дозволяють швидко реагувати на зміни технологічного процесу. Аналіз вихідної напруги сенсорів дозволяє оцінювати швидкість та об’єм сировини у реальному часі. Використання таких систем підвищує точність автоматизації, знижує пошкодження обладнання і забезпечує енергоефективність. Інтелектуальна система на основі сенсорів дозволяє впроваджувати прогнозне управління лінією, мінімізуючи зупинки і втрати сировини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Li X., Zhang Y., et al. Electromagnetic Sensing for Food Flow Monitoring. *Sensors*. 2022. Vol. 22. 3456.

2. Tavner P. Condition Monitoring of Electrical Machines. London: IET, 2008.

3. Yang H., et al. Smart Sensors for Food Industry Automation. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. 2021. Vol. 70. P. 1–9.

УДК 615.46:004.92

МОДЕЛЮВАННЯ КРАНІАЛЬНОЇ ПЛАСТИНИ ЯК ЕТАП ПЕРСОНАЛІЗОВАНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ ДЕФЕКТІВ ЧЕРЕПА

Молодецька Д. Г., студентка, e-mail: daria.molodetska@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Тимкович М. Ю.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Краніопластика є одним із важливих етапів під час проведення реконструкції дефектів черепа, які виникають внаслідок травм, нейрохірургічних втручань та онкологічних захворювань. Сучасний розвиток 3D-моделювання та персоналізованої медицини відкриває нові можливості та забезпечує пацієнт-орієнтовану розробку імпланту [1].

Мета дослідження – дослідити особливості моделювання краніальної пластини при реконструкції дефектів черепа та обґрунтувати доцільність використання 3D-технологій у персоналізованій краніопластиці.

Сучасні дослідження свідчать, що відновлена форма кісткової тканини черепа забезпечує та покращує церебральну гемодинаміку та нейрореабілітацію. Крім того, невідповідність параметрів імпланту призводить до проблем із приляганням, наявності напруження у зоні фіксації, і як наслідок необхідності повторної операції [2]. Традиційно імпланти формувались безпосередньо під час хірургічного втручання, збільшуючи час та ускладнюючи процес [3]. До того ж спрогнозувати результат та досягти ідеального анатомічного контуру, який залежав від ручної точності було значно складніше ніж зараз із використанням сучасних технологій. Персоналізована краніопластика передбачає проведення кількох важливих етапів. Першочергово проводиться інтроскопічне дослідження конкретного пацієнта, зокрема реєструються КТ-зрізи області голови. На основі отриманих даних визначають анатомічні орієнтири та здійснюють сегментацію кісткових структур. Реконструкція дефекту є наступним важливим етапом, де визначається якою має бути відсутня частина черепа, формується контур та геометрія. Проєктування пластини відбувається одразу після реконструкції, де проводиться моделювання геометрії імпланту, визначення товщини, місця фіксацій та ін. Спроєктований імплант підлягає обов'язковій валідації, після чого верифіковану цифрову модель готують до виробництва. Останнім етапом є стерилізація та імплантація [3, 4].

Моделювання краніальної пластини є важливим етапом сучасної краніопластики, що дозволяє оптимізувати реконструкцію дефектів черепа. У ході проведеного дослідження сформовано вимоги та визначено етапи розробки персоналізованих черепних імплантів, а також виявлено особливості їхнього проєктування. Подальші кроки передбачають їх реалізацію та тестування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Huys, S. E., Van Gysel, A., Mommaerts, M. Y., & Sloten, J. V. (2021). Evaluation of Patient Specific cranial implant design using finite element analysis. *World Neurosurgery*, *148*, 198–204. https://doi.org/10.1016/j.wneu.2021.01.102

2. Kurowiak, J., Piesik, K., & Klekiel, T. (2025). Current State of Knowledge Regarding the Treatment of Cranial Bone Defects: An Overview. *Materials*, *18*(9), 2021. https://doi.org/10.3390/ma18092021

3. Nolden E.-L., Guimarães Carvalho B. K., Barkovskij-Jakobsen K. S., Wenning A. S., Szentes B. L., Agócs G., Németh Z., Kivovics M., Hegyi P., Köles L., & Vaszilkó M. (2025). Comparative Safety and Efficacy of Patient-Specific Versus Hand-Molded Implants in Cranioplasty: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Clinical Medicine*, *14*(24), 8655. https://doi.org/10.3390/jcm14248655

4. Avrunin O., Tymkovych M., Drauil J. Automatized technique for three-dimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry (2015) Information Technologies in Innovation Business Conference, ITIB 2015 – Proceedings, pp. 39-42. https://doi.org/10.1109/ITIB.2015.7355070

УДК 537.8:631.22:636

ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЗДОРОВ'Я СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН

Опікуха В. С., бакалавр, e-mail: opikuchaVol@ukr.net
Науковий керівник – ст. викл. Коршунов К. С.
Державний біотехнологічний університет

Сучасний розвиток агропромислового комплексу потребує впровадження інноваційних технологій контролю стану здоров'я сільськогосподарських тварин з метою підвищення продуктивності, зниження захворюваності та забезпечення біобезпеки. Електромагнітні технології моніторингу є перспективним напрямом, що дозволяє здійснювати безконтактний або мінімально інвазивний контроль фізіологічних параметрів тварин у режимі реального часу. Використання електромагнітних полів різних частотних діапазонів відкриває можливості для ранньої діагностики патологій, контролю метаболічних процесів і оптимізації умов утримання тварин [1, 2]. Наукові дослідження свідчать про ефективність застосування електромагнітних методів у ветеринарії та тваринництві. Зокрема, використовуються технології радіочастотної ідентифікації (RFID), мікрохвильові сенсори, а також біосенсорні системи на основі електромагнітної взаємодії [3]. Значна увага приділяється дослідженню діелектричних властивостей біологічних тканин, що дозволяє оцінювати стан організму тварини за змінами електрофізичних параметрів.

У сучасних роботах розглядаються також системи дистанційного моніторингу з використанням бездротових сенсорних мереж та Інтернету речей, що забезпечують безперервний збір і аналіз даних. Водночас існують обмеження, пов'язані з точністю вимірювань, впливом зовнішніх факторів та відсутністю уніфікованих стандартів.

Метою роботи є аналіз можливостей застосування електромагнітних технологій для моніторингу здоров'я сільськогосподарських тварин та визначення основних напрямів їх розвитку і впровадження.

Електромагнітні технології моніторингу базуються на взаємодії електромагнітного поля з біологічними тканинами, що характеризуються певними електрофізичними параметрами, такими як діелектрична проникність, електропровідність та магнітна сприйнятливість, табл. 1. Зміни цих параметрів можуть свідчити про фізіологічні або патологічні процеси в організмі тварини. Одним із найпоширеніших рішень є використання RFID-технологій для ідентифікації та відстеження переміщення тварин, що дозволяє контролювати їх поведінку, активність і споживання корму [3]. Мікрохвильові та радіочастотні сенсори застосовуються для вимірювання температури тіла, вологості шкіри, частоти серцевих скорочень і дихання [2].

Таблиця 1 – Приклади електромагнітних показників та їх значення

Показник	Метод вимірювання	Норма / здоровий стан	Відхилення при захворюванні	Примітки
Магнітне поле серця (μT)	Магнітометр	50–70	<50 або >80	Відображає серцеву активність
Електричне поле шкіри (мВ)	Біоелектроди	0.3–0.7	>1	Стрес, запалення шкіри
Індукційний струм в м'язах (мА)	Індукційний сенсор	1–5	5–10	М'язова активність / перевтома
Температура тіла (°C)	ІЧ-сенсор	38–39	<38 або >40	Додатковий контроль при лихоманці

Графік показує, як параметри змінюються при нормальному стані тварини і під час захворювання або стресу. Наприклад: різке підвищення електричного поля шкіри може сигналізувати про стрес, а зниження магнітного поля серця – про серцеві проблеми.

Цікавим напрямом є використання НВЧ методів для оцінки стану внутрішніх органів на основі аналізу діелектричних властивостей тканин. Системи на основі бездротових сенсорних мереж забезпечують інтеграцію даних від різних датчиків та їх передачу на центральні сервери для подальшої обробки. Це дозволяє реалізувати концепцію точного тваринництва, де рішення приймаються на основі об’єктивних даних у режимі реального часу. Використання алгоритмів обробки сигналів та машинного навчання сприяє підвищенню точності діагностики та прогнозування захворювань. До основних проблем впровадження електромагнітних технологій належать вплив електромагнітних завад, варіабельність біологічних параметрів тварин, складність калібрування сенсорів, а також обмеження, пов’язані з енергоспоживанням і автономністю пристроїв [1]. Важливою є також проблема біосумісності та безпечності впливу електромагнітного випромінювання на організм тварин при тривалому використанні [2]. Перспективи розвитку пов’язані зі створенням інтегрованих багатофункціональних сенсорних платформ, які поєднують різні методи вимірювання та забезпечують комплексний аналіз стану тварин. Важливим напрямом є розвиток безконтактних методів діагностики, що мінімізують стрес для тварин і підвищують ефективність моніторингу. Крім того, впровадження технологій штучного інтелекту дозволить автоматизувати процес прийняття рішень і підвищити точність прогнозування захворювань.

Електромагнітні технології моніторингу здоров’я сільськогосподарських тварин є ефективним інструментом підвищення продуктивності та забезпечення біобезпеки у тваринництві. Встановлено, що використання електромагнітних сенсорів і бездротових систем дозволяє здійснювати безперервний контроль фізіологічних параметрів тварин у режимі реального часу. Визначено основні проблеми впровадження, зокрема вплив зовнішніх факторів і складність стандартизації методів, а також окреслено перспективи розвитку, пов’язані з інтеграцією сучасних інформаційних технологій і створенням інтелектуальних систем моніторингу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Foster K. R., Schwan H. P. Dielectric properties of tissues and biological materials: a critical review // Crit. Rev. Biomed. Eng. – 1989. – Vol. 17(1). – P. 25–104.

2. Gabriel C., Gabriel S., Corthout E. The dielectric properties of biological tissues: I. Literature survey // Phys. Med. Biol. – 1996. – Vol. 41. – P. 2231–2249.

3. Landt J. RFID: A brief history // IEEE Potentials. – 2005. – Vol. 24(4). – P. 8–11.

УДК 616.1

ТЕЛЕМЕДИЦИНА ТА ВІДДАЛЕНИЙ МОНІТОРИНГ ПАЦІЄНТІВ

Пеньков С. М., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасний розвиток інформаційних технологій суттєво змінює підходи до надання медичних послуг. Одним із найважливіших напрямів є телемедицина, яка забезпечує можливість надання медичної допомоги на відстані за допомогою цифрових технологій. Вона відіграє ключову роль у підвищенні доступності медичних послуг, особливо в умовах обмеженого доступу до лікарень або під час надзвичайних ситуацій.

Телемедицина охоплює широкий спектр послуг, включаючи дистанційні консультації, діагностику, моніторинг стану пацієнтів та обмін медичною інформацією між спеціалістами. Завдяки використанню інтернету, мобільних пристроїв і спеціалізованих програмних платформ, лікарі можуть надавати медичну допомогу незалежно від географічного розташування пацієнта.

Одним із ключових напрямів телемедицини є дистанційні консультації, які дозволяють пацієнтам отримувати поради лікарів без необхідності особистого візиту до медичного закладу. Це особливо актуально для людей із хронічними захворюваннями, пацієнтів із обмеженою мобільністю та тих, хто проживає у віддалених регіонах.

Важливим компонентом телемедицини є віддалений моніторинг пацієнтів, який передбачає безперервне спостереження за їхнім станом за допомогою спеціальних пристроїв. До таких пристроїв належать носимі сенсори, смарт-годинники, кардіомонітори та інші біомедичні гаджети.

Телемедицина має низку суттєвих переваг. По-перше, вона підвищує доступність медичних послуг, особливо для мешканців сільських та віддалених районів. По-друге, вона дозволяє економити час і ресурси як пацієнтів, так і медичних установ.

Незважаючи на численні переваги, телемедицина має певні виклики. Одним із головних є питання безпеки та конфіденційності медичних даних. Оскільки інформація передається через цифрові канали, існує ризик її несанкціонованого доступу.

Подальший розвиток телемедицини пов’язаний із інтеграцією штучного інтелекту, великих даних та інтернету речей. Це дозволить створювати більш ефективні системи моніторингу та діагностики, а також автоматизувати багато процесів.

Отже, телемедицина та віддалений моніторинг пацієнтів є важливими складовими сучасної медицини. Вони забезпечують доступність медичних послуг, покращують контроль за станом здоров’я та сприяють своєчасному лікуванню. Незважаючи на існуючі виклики, розвиток цих технологій має великий потенціал і визначає майбутнє медичної системи [1–3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kvedar J., Coye M. J., Everett W. Telemedicine’s impact on healthcare delivery. *Annual Review of Public Health*. 2024. URL: https://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev-publhealth-090222-123456 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Bashshur R. L., Shannon G. W., Krupinski E. A. The empirical foundations of telemedicine interventions. *Telemedicine and e-Health*. 2025. URL: https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/tmj.2025.0001 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Smith A. C. et al. Remote patient monitoring and telehealth systems: Current trends. *arXiv*. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2503.09876 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 633.11:621.382.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ЗЕРНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Перепелиця Ю. О., магістр, e-mail: yuliaperepelitsa11@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Якість і безпека зернових культур є критично важливими факторами для ефективного ведення агропромислового виробництва. Патогенні мікроорганізми, плісняві гриби та шкідники зерна не лише знижують схожість насіння та його енергетику проростання, а й можуть призводити до втрат урожаю під час зберігання, а також погіршувати харчову цінність і безпеку продукції. Традиційні методи знезараження зерна, що базуються на хімічних обробках (інсектициди, фунгіциди), мають ряд обмежень: хімічне забруднення продукції, шкідливий вплив на людей і довкілля, залежність ефективності від умов зберігання та високі експлуатаційні витрати [1].

У зв’язку з цим зростає актуальність фізичних методів обробки зерна, які є екологічно безпечними та енергоефективними. Одним із перспективних напрямів є використання енергії НВЧ-випромінювання для знезараження зернових мас. Мікрохвильове випромінювання забезпечує нагрівання зерна за рахунок діелектричних втрат, що призводить до знищення патогенів і шкідників без використання хімічних речовин. Такий метод знезараження є високоефективним, економічно доцільним і дозволяє зберегти фізіологічні властивості зерна.

Розробка електротехнологічного комплексу для знезараження зерна за допомогою НВЧ-енергії передбачає створення інтегрованої системи, яка включає генератор НВЧ-випромінювання, транспортну систему зерна та автоматизовану систему керування режимами обробки. Ключовим завданням є забезпечення рівномірного розподілу мікрохвильової енергії у зерновій масі та точне регулювання параметрів обробки (інтенсивність випромінювання, час впливу, швидкість транспортування зерна) для досягнення високої ефективності знезараження без пошкодження зерна [2].

Сучасні системи автоматизації та моніторингу дозволяють інтегрувати датчики температури та вологості, що забезпечує адаптацію процесу обробки до різних видів зерна та поточних параметрів зернової маси. Це забезпечує безпеку, повторюваність режимів та оптимізацію енерговитрат. Застосування НВЧ-технологій для знезараження зерна відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, екологічності та ефективності аграрного виробництва.

Таким чином, дослідження та розробка електротехнологічного комплексу для знезараження зерна з використанням енергії НВЧ-випромінювання є актуальним науково-технічним завданням. Воно спрямоване на підвищення безпеки продукції, зниження втрат зерна, підвищення енергоефективності та екологічності технологічних процесів у агропромисловому виробництві.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. https://globecore.ua/peredposivna-obrobka-nasinnya-elektromagnitnym-polem.html
2. Analysis of Processes of Image Formation of Bio-Objects Based on Gas Discharge Visualization / N. Kosulina, M. Sorokin, Yu. Handola, S. Kosulin, K. Korshunov, M. Chorna, V. Sukhin. *SSRG International Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2024. Vol. 11, Issue 4. P. 109–117. DOI: 10.14445/23488379/IJEEE-V11I4P112. https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/b845c6d3-74fa-4db8-9702-cab4d5cc3f0c/content

УДК 004.932:636:591.469

СИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО ЗОРУ ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО АНАЛІЗУ ХОДИ ТВАРИН

Подколзін Д. В., бакалавр, e-mail: peps6090@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Автоматизація процесів моніторингу стану здоров'я сільськогосподарських тварин є важливим завданням сучасного тваринництва, спрямованим на підвищення продуктивності та зниження економічних втрат. Аналіз ходи тварин є інформативним методом раннього виявлення патологій опорно-рухового апарату, зокрема кульгавості, яка є поширеною проблемою у великої рогатої худоби та свиней. Використання систем комп'ютерного зору дозволяє здійснювати безконтактний, об'єктивний і безперервний контроль параметрів руху тварин у реальному часі [1, 2]. Широко застосовуються методи комп'ютерного зору для аналізу біомеханіки руху тварин. Зокрема, використовуються алгоритми виявлення та відстеження ключових точок, що дозволяють реконструювати кінематичні параметри руху. Поширення набули глибокі нейронні мережі, зокрема згорткові нейронні мережі (CNN) та моделі типу DeepLabCut, які забезпечують високу точність розпізнавання пози тварин. У роботах також розглядаються підходи до аналізу часових рядів руху з використанням рекурентних нейронних мереж і методів машинного навчання для класифікації патологій. Водночас існують проблеми, пов'язані з варіативністю умов зйомки, перекриттям об'єктів та необхідністю великих обсягів навчальних даних.

Метою роботи є дослідження та розроблення системи комп'ютерного зору для автоматичного аналізу ходи тварин з метою раннього виявлення відхилень у їх руховій активності.

Система комп'ютерного зору для аналізу ходи тварин включає етапи збору відеоданих, попередньої обробки, виділення об'єктів, визначення ключових точок та аналізу кінематичних параметрів. На першому етапі здійснюється відеозйомка руху тварин за допомогою камер, розташованих у контрольованих або природних умовах утримання. Для підвищення якості даних застосовуються методи фільтрації шуму, нормалізації освітлення та стабілізації зображення [2]. На етапі сегментації використовується виділення силуету тварини на фоні з використанням алгоритмів порогової обробки або нейронних мереж. Далі здійснюється визначення ключових точок, таких як суглоби кінцівок, хребет та голова, що дозволяє побудувати скелетну модель тварини. На основі цієї моделі розраховуються параметри ходи: довжина кроку, частота кроків, симетрія рухів, кути згину суглобів. Для аналізу отриманих даних застосовуються методи машинного навчання, що дозволяють виявляти аномалії та класифікувати типи рухових порушень. Зокрема, використання алгоритмів класифікації дає змогу автоматично визначати ступінь кульгавості та інші патології. Інтеграція таких систем у фермерські господарства дозволяє здійснювати постійний моніторинг стану тварин без участі людини. До основних проблем належать складність забезпечення стабільних умов зйомки, вплив освітлення та тіней, перекриття тварин у групі, а також необхідність адаптації алгоритмів до різних видів тварин [1]. Крім того, важливим є питання точності визначення ключових точок, що безпосередньо впливає на достовірність оцінки параметрів ходи.

Системи комп'ютерного зору для аналізу ходи тварин дозволяють виявляти патології на ранніх стадіях; перспективи – інтеграція IT і автоматизація моніторингу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Berckmans D. Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming // Livestock Production Science. – 2004. – Vol. 87. – P. 173 – 182.

2. Nasirahmadi A., Edwards S., Sturm B. Implementation of machine vision for detecting behaviour of cattle and pigs // Livestock Science. – 2017. – Vol. 202. – P. 25 – 38.

УДК 631.53:621.3

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ В КОРОННОМУ РОЗРЯДІ

Подлєснов М. В., бакалавр, e-mail: podlesnovm@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України особливої уваги потребує підвищення ефективності технологій передпосівної обробки насіння як одного з ключових етапів формування майбутнього врожаю. Якість насіннєвого матеріалу безпосередньо впливає на схожість, енергію проростання, стійкість рослин до несприятливих факторів та кінцеву продуктивність сільськогосподарських культур. Традиційні методи обробки насіння, що базуються на застосуванні хімічних препаратів, хоча й забезпечують певний захисний ефект, мають низку недоліків, зокрема екологічні ризики, можливість накопичення шкідливих речовин у продукції та негативний вплив на довкілля.

У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних фізичних методів впливу на насіння, які б поєднували високу ефективність із екологічною безпечністю. Одним із таких методів є обробка насіння в електричному полі коронного розряду. Коронний розряд являє собою вид газового розряду, що виникає в неоднорідному електричному полі при високій напрузі та супроводжується іонізацією повітря, утворенням активних частинок, зокрема озону та вільних радикалів. Ці фактори здатні чинити комплексний вплив на поверхню насіння та його внутрішні біофізичні процеси.

Використання коронного розряду для передпосівної обробки насіння забезпечує знезараження його поверхні від патогенних мікроорганізмів, стимуляцію фізіологічних процесів та підвищення енергії проростання. Крім того, такий метод не потребує застосування хімічних реагентів, що робить його екологічно безпечним і перспективним для впровадження в сучасні агротехнології. Водночас ефективність обробки значною мірою залежить від параметрів електричного поля, геометрії електродної системи, напруги, частоти та тривалості впливу, що обумовлює необхідність глибокого дослідження та оптимізації цих факторів.

Розробка електротехнічного комплексу для реалізації такого методу передбачає створення системи, що включає джерело високої напруги, електродну систему для формування коронного розряду, механізми транспортування насіння та систему керування процесом. Важливим є забезпечення стабільності параметрів розряду, рівномірності обробки насіння та безпеки експлуатації установки. Особливу увагу необхідно приділяти енергоефективності комплексу, оскільки впровадження нових технологій повинно супроводжуватися раціональним використанням енергетичних ресурсів.

Сучасний розвиток електротехніки та систем автоматизації створює передумови для створення високоефективних установок, здатних забезпечувати точне регулювання параметрів коронного розряду та адаптацію режимів обробки до різних видів насіння. Використання датчиків, систем зворотного зв'язку та мікропроцесорного керування дозволяє реалізувати інтелектуальні алгоритми управління, що підвищують ефективність і надійність роботи комплексу.

Особливої актуальності дана тема набуває в умовах зростання вимог до якості сільськогосподарської продукції та необхідності зменшення використання хімічних засобів у рослинництві. Впровадження електрофізичних методів обробки насіння сприяє підвищенню екологічності виробництва, зниженню витрат та підвищенню конкурентоспроможності продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Розробка та дослідження електротехнічного комплексу для передпосівної обробки насіння в коронному розряді є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на вдосконалення технологій підготовки насіння, підвищення їх ефективності та забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

УДК 664.8:621.3

ІННОВАЦІЙНІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ ДЛЯ НАДВИСОКОЧАСТОТНОЇ ОБРОБКИ ТА УЛЬТРАЗВУКОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ СОЄВОГО МОЛОКА

Позняк К. І., бакалавр, e-mail: kostyapoznyak87@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Сучасне виробництво соєвого молока є перспективним напрямом у харчовій промисловості, оскільки продукт має високу харчову цінність, багатий білком, вітамінами та антиоксидантами, а також підходить для споживачів із харчовими обмеженнями (лактозна непереносимість, веганський раціон).

Традиційні методи обробки соєвого молока, такі як термічна пастеризація, забезпечують мікробіологічну безпеку, проте супроводжуються значними енергетичними витратами та частковою деградацією біологічно активних компонентів. Збереження антиоксидантів, білка та смакових характеристик продукту вимагає застосування високоефективних технологій обробки, що забезпечують швидку дезінфекцію при мінімальному термічному впливі.

Використання надвисокочастотної (НВЧ) та ультразвукової обробки дозволяє значно скоротити час обробки, підвищити енергоефективність та зберегти харчові та біологічні властивості продукту. Крім того, сучасні електротехнічні рішення дають змогу автоматизувати контроль процесу та впроваджувати інтелектуальні системи моніторингу.

Мета дослідження полягає у розробці та впровадженні електротехнічних рішень для оптимізації процесів НВЧ та ультразвукової обробки соєвого молока з урахуванням енергоефективності та якості продукту.

Для досягнення мети були визначені такі основні завдання: 1. Провести аналіз існуючих методів електротехнічної обробки у харчовій промисловості та виявити їхні переваги та обмеження. 2. Розробити електротехнічну схему НВЧ-обладнання з оптимальним розподілом електромагнітного поля для рівномірної обробки продукту. 3. Впровадити ультразвукові сенсори та методи контролю дисперсності білка для оцінки якості емульсії. 4. Провести розрахунок енергоефективності та оцінку показників безпеки експлуатації обладнання.

Методи дослідження. Для виконання завдань застосовувалися наступні методи: 1. Комп’ютерне моделювання електромагнітного поля у камерах НВЧ за допомогою програмного забезпечення для симуляції розподілу поля. Це дозволяє визначити оптимальні параметри розподілу енергії та уникнути локальних перегрівів продукту. 2. Ультразвукова візуалізація та моніторинг структури соєвого молока для оцінки дисперсності білкових частинок, стабільності емульсії та часу обробки. 3. Лабораторні експерименти з використанням різних частот та інтенсивності НВЧ та ультразвуку для визначення впливу технологічних параметрів на якість соєвого молока. 4. Порівняльний аналіз енерговитрат та часу обробки традиційних методів пастеризації, НВЧ обробки та комбінованого НВЧ + ультразвук. 5. Статистична обробка даних для оцінки впливу технологій на стабільність емульсії, розчинність білка та збереження антиоксидантів.

Результати

1. Розробка електротехнічної схеми НВЧ-обробки.

Було створено схему НВЧ-камери, яка забезпечує рівномірний розподіл електромагнітного поля по всьому об’єму продукту, що дозволяє уникнути локальних перегрівів та забезпечити однорідну пастеризацію. Ця конструкція забезпечує безпечну та ефективну обробку молока з мінімальною деградацією білків та антиоксидантів.

2. Вплив ультразвуку на якість продукту.

Експериментально встановлено, що оптимальні параметри ультразвукової обробки (частота 20–40 кГц, інтенсивність 10–30 W/cm²) забезпечують: Підвищення розчинності білків у молоці. Покращення стабільності емульсії та однорідності продукту. Зменшення часу обробки порівняно з традиційною пастеризацією.

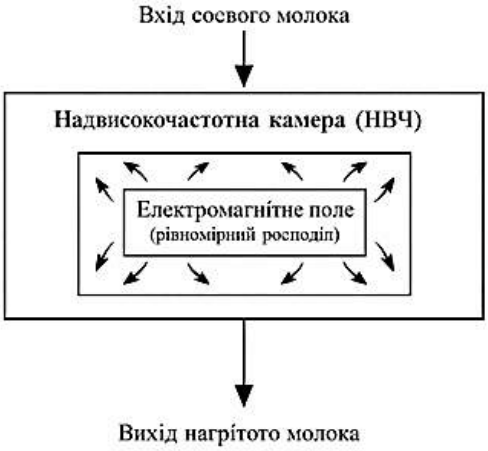


Рисунок 1 – Схема надвисокочастотної обробки соєвого молока

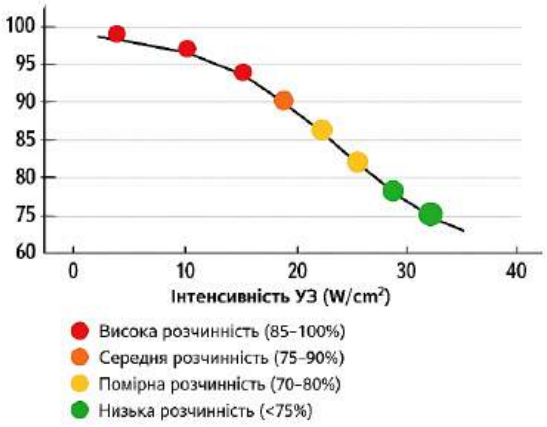


Рисунок 2 – Залежність розчинності білка від інтенсивності ультразвуку

3. Порівняння енерговитрат та часу обробки.

Було проведено порівняльний аналіз традиційної пастеризації, НВЧ обробки та комбінованого НВЧ + УЗ.

Таблиця 1 – Порівняння методів обробки соєвого молока

Метод обробки	Час (хв)	Енерговитрати (кВт·год/л)	Збереження антиоксидантів (%)
Традиційна пастеризація	15	0.12	70
НВЧ-обробка	10	0.08	85
НВЧ + УЗ обробка	9	0.07	90

Комбіноване використання НВЧ та ультразвуку дозволяє зменшити час пастеризації на 35 – 40%, скоротити енергоспоживання та підвищити збереження корисних компонентів.

Розроблені електротехнічні рішення для НВЧ та ультразвукових технологій дозволяють значно підвищити ефективність виробництва соєвого молока, забезпечуючи однорідну пастеризацію та високу якість продукту. Використання цих технологій забезпечує енергоефективність, контроль якості, збереження антиоксидантів та білків, а також мікробіологічну безпеку. Перспективним напрямом є подальший розвиток автоматизованих систем моніторингу та керування процесом у режимі реального часу, впровадження інтелектуальних датчиків та алгоритмів штучного інтелекту для оптимізації параметрів обробки. Комбіноване застосування НВЧ та ультразвуку є інноваційним підходом, що дозволяє скоротити витрати енергії, підвищити стабільність продукту та поліпшити його органолептичні характеристики.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондарчук І. В. Технологія виробництва соєвого молока: навч. посіб. / І. В. Бондарчук. – К.: Нац. ун-т харч. технологій, 2020. – 256 с.

2. Гуменюк В. І. Надвисокочастотна обробка харчових продуктів: монографія / В. І. Гуменюк, О. М. Павлюк. – Х.: ХНАУ, 2019. – 312 с.

3. Дзюба М. П. Ультразвукові технології в харчовій промисловості / М. П. Дзюба, Л. Ю Коваленко // Харчова промисловість України. – 2021. – № 4. – С. 45 – 58.

4. Іванов С. О. Електротехнічні системи НВЧ-обробки: підруч. / С. О. Іванов. – Л. : ЛНУ, 2018. – 288 с.

УДК 004.89:615.851

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ПСИХОТЕРАПІЇ

Пономаренко В. А., здобувач третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти,
e-mail: volodymyr.ponomarenko1@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Дацок О. М.
Харківський національний університет радіоелектроніки

У 2026 році стрімкий розвиток великих мовних моделей зробив чат-боти звичним інструментом у сфері ментального здоров'я, що включає в себе як самостійне використання пацієнтами, так і клінічну підтримку фахівців. Однак швидке впровадження технологій часто викликає питання, як ці інструменти працюють з наявними пацієнтами та професійними стандартами кваліфікованих психотерапевтів.

Досвід пацієнтів із депресією свідчить, що прийнятність використання інструментів із використанням штучного інтелекту залежить від трьох взаємопов'язаних факторів: інформаційна точність, емоційна підтримка та захист приватності. Користувачі цінують ШІ за доступність та відсутність засудження, що дозволяє їм отримувати допомогу у будь-який час. Проте реальним ризиком залишається надання неточної або занадто загальної інформації, яка не враховує індивідуальні обмеження пацієнта, такі як стан фізичного чи ментального здоров’я. Крім того, існує дилема персоналізації, коли пацієнти прагнуть індивідуального підходу, але обмежують розкриття чутливої інформації через страх стигматизації та несанкціонованого використання даних комерційними структурами [1].

З позиції професійної спільноти, довіра до ШІ є стриманою та доволі умовною. Психотерапевти дотримуються ідеї, що довіряти алгоритмам варто лише низькоризикові адміністративні завдання, як ведення нотаток або генерація ідей для вправ. Довіра знижується, коли ШІ залучається до високих клінічних завдань, таких як діагностика чи інтерпретація складних випадків, які потребують людської інтуїції та етичної відповідальності. Психотерапевти також висловлюють побоювання щодо формування емоційної прив’язаності, де клієнт може помилково сприймати технічну імітацію емпатії за справжній людський зв'язок, що потенційно може негативно впливати реальний терапевтичний прогрес [2].

Важливим фактором впливу також є системний тиск. Лікарі занепокоєні, що страхові компанії та великі технологічні платформи можуть просувати ШІ як дешеву заміну людській терапії заради економічної вигоди. Такий підхід ставить під загрозу якість догляду та професійну ідентичність клініцистів.

Інтеграція ШІ у психотерапію у 2026 році розглядається не як заміна фахівця, а як його технологічне доповнення, що потребує чітких етичних та юридичних меж. Для мінімізації негативного впливу необхідно забезпечити прозорість алгоритмів, надати користувачам повний контроль над їхніми даними та впроваджувати державне регулювання, яке б значно обмежувало або повністю забороняло використання ШІ як самостійного інструменту для прийняття критичних клінічних рішень. Кінцевою метою має залишатись зміцнення людського зв’язку та збереження процедури лікування, де технологія лише підсилює можливості фахівця та пацієнта.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кабанцева А. В. Методологічні підходи до сучасних інформаційних технологій оцінки психічного здоров’я / А. В. Кабанцева, К. Г. Селіванова // ІІІ Міжнародна науково-практична конференція «Інформаційні системи та технології в медицині» (ІСМ–2020): зб. наук. пр. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 228 с.

2. Kabantseva A., Selivanova K. and Panchenko O., «Information Technology for Decision Support in Psychodiagnostics», 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T), 10.1109/PICST54195.2021.9772224

УДК 631.5:621.3.02

ЕЛЕКТРОІМПУЛЬСНА ОБРОБКА РОСЛИН ДЛЯ СТИМУЛЯЦІЇ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Попадченко В. Є., магістр, e-mail: prostovaleriaaa@gmail.com @gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Сучасне рослинництво постійно потребує підвищення продуктивності та якості рослинної продукції. Одним із перспективних напрямів інтенсифікації вирощування є застосування фізичних методів стимуляції вегетаційних процесів, які дозволяють підвищити енергію проростання насіння, інтенсивність росту, розвиток кореневої системи та стійкість рослин до стресових факторів без використання додаткових хімічних стимуляторів. Традиційні методи стимуляції, такі як використання добрив та регуляторів росту, мають обмеження: вони можуть негативно впливати на екологію, вимагати великих витрат та призводити до накопичення хімічних речовин у ґрунті та рослинах [1].

Електроімпульсна обробка рослин є перспективним фізичним методом впливу, що базується на короткочасних високовольтних електричних імпульсах. Такий вплив здатен стимулювати біохімічні та фізіологічні процеси, прискорювати обмін речовин, підвищувати активність ферментів, покращувати водопоглинання та фотосинтетичну активність. Вплив електроімпульсів на рослини сприяє активізації ростових процесів, підвищенню стійкості до несприятливих умов навколишнього середовища та покращенню врожайності [1, 2].

Розробка електротехнологічного пристрою для електроімпульсної обробки рослин передбачає створення комплексу, який включає джерело високовольтних імпульсів, систему доставки імпульсів до рослин та регульовану систему керування параметрами обробки (напруга, частота та тривалість імпульсів). Основним завданням є визначення оптимальних параметрів електроімпульсів для різних видів рослин та стадій їх розвитку, щоб забезпечити максимальний стимулюючий ефект без пошкодження рослинних тканин.

Сучасні підходи до автоматизації дозволяють інтегрувати датчики фізіологічного стану рослин та контролювати процес обробки у режимі реального часу. Це забезпечує адаптацію обробки до конкретних умов, підвищує ефективність використання енергії та повторюваність результатів. Електроімпульсна обробка є екологічно чистою, економічно доцільною та може застосовуватися як у відкритому ґрунті, так і в тепличних комплексах [3].

Особливої актуальності тема набуває в умовах сучасних викликів сільського господарства, пов’язаних з необхідністю зменшення використання хімічних препаратів, підвищення стійкості рослин до змін клімату та оптимізації витрат ресурсів. Використання електроімпульсної обробки рослин дозволяє підвищити продуктивність, покращити якість продукції та забезпечити стійкий розвиток агропромислових систем.

Дослідження та розробка електротехнологічного пристрою для електроімпульсної обробки рослин для стимуляції вегетаційних процесів є актуальним науково-технічним завданням, спрямованим на підвищення ефективності та екологічності рослинництва, оптимізацію витрат ресурсів та підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. https://globecore.ua/peredposivna-obrobka-nasinnya-elektromagnitnym-polem.html
2. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподар-ських культур. Методи визначання якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.
3. https://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/19-tezy-stepyn-zerno.pdf

УДК 537.8:612.82

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИМІРЮВАНЬ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ МОЗКУ ТВАРИН

Решетников О. Г., бакалавр, e-mail: oleksijreshetnikov@ukr.net
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Дослідження функціонального стану мозку тварин є важливим напрямом сучасної біомедицини, нейрофізіології та ветеринарії. Використання електромагнітних вимірювань відкриває можливості для неінвазивного або малотравматичного аналізу біоелектричної активності мозку, що є основою для оцінки когнітивних, поведінкових та фізіологічних процесів. Сучасні методи, засновані на реєстрації електромагнітних полів, дозволяють отримувати високоточні дані про функціональний стан нервової системи та виявляти патологічні зміни на ранніх стадіях [1, 2]. Наукові дослідження демонструють широке застосування електроенцефалографії (ЕЕГ), магнітоенцефалографії (МЕГ) та інших методів електромагнітного вимірювання для вивчення мозкової активності [2]. ЕЕГ дозволяє реєструвати електричну активність нейронів через електроди, розміщені на поверхні голови, тоді як МЕГ забезпечує вимірювання слабких магнітних полів, що генеруються нейронною активністю. У сучасних роботах також розглядаються методи функціональної візуалізації, які поєднують електромагнітні вимірювання з математичним моделюванням для локалізації джерел сигналів. Значна увага приділяється застосуванню цифрової обробки сигналів та методів машинного навчання для аналізу складних біосигналів. Разом із тим існують обмеження, пов’язані з низьким рівнем сигналу, впливом шумів і складністю інтерпретації результатів.

Метою роботи є аналіз можливостей застосування електромагнітних вимірювань для дослідження функціонального стану мозку тварин та визначення перспектив розвитку відповідних методів.

Електромагнітні вимірювання мозкової активності базуються на реєстрації електричних і магнітних полів, що виникають у результаті синхронної активності нейронних ансамблів [2]. Основними параметрами, що аналізуються, є амплітуда, частота та фазові характеристики сигналів, які відображають функціональний стан різних відділів мозку. Електроенцефалографія є одним із найбільш доступних методів дослідження, що дозволяє оцінювати ритми мозкової активності (альфа-, бета-, тета- та дельта-ритми) та їх зміни при різних фізіологічних і патологічних станах [1]. Магнітоенцефалографія забезпечує вищу просторову роздільну здатність і дозволяє точніше локалізувати джерела нейронної активності. У дослідженнях на тваринах електромагнітні методи застосовуються для вивчення поведінкових реакцій, процесів навчання, стресу, а також для діагностики неврологічних порушень. Використання багатоканальних систем реєстрації дозволяє отримувати просторово-часові карти активності мозку та аналізувати взаємодію між різними його ділянками.

Електромагнітні вимірювання є ефективним інструментом дослідження функціонального стану мозку тварин, що дозволяє отримувати інформацію про біоелектричну активність нервової системи. Встановлено, що застосування методів ЕЕГ і МЕГ забезпечує можливість ранньої діагностики неврологічних порушень та аналізу когнітивних процесів. Визначено основні проблеми, пов’язані з низьким рівнем сигналів і впливом шумів, а також окреслено перспективи розвитку, що передбачають використання сучасних інформаційних технологій і підвищення точності аналізу біосигналів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Niedermeyer E., Lopes da Silva F. Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. – Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2005. – 1256 p.
2. Buzsáki G. Rhythms of the Brain. – Oxford: Oxford University Press, 2006. – 448 p.

УДК 608.2:615.47

РОЗРОБКА ДОСТУПНОЇ СИСТЕМИ ПРОСТОРОВОЇ НАВІГАЦІЇ ДЛЯ ОСІБ ІЗ ВАДАМИ ЗОРУ НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СМАРТФОНАХ

Соколов А. А., асистент кафедри БМІ
Андрущенко М. А., аспірант
Місоченко С. Ю., аспірант, e-mail: andrii.sokolov@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Носова Я. В.
Харківський національний університет радіоелектроніки

На сьогодні у світі налічується близько 2,2 мільярда людей із порушеннями зору. В Україні кількість таких осіб перевищує 100 тисяч, і ця цифра продовжує зростати. Це створює гостру соціальну потребу в розробці нових, доступних та ефективних рішень для самостійної навігації незрячих у міському просторі.

Метою дослідження є створення доступної системи просторової навігації, яка використовує апаратні можливості звичайного смартфона для допомоги особам із вадами зору. Робота виконується при підтримці Міністерства освіти і науки України (ДР № 0126U002460).

Пропонована система буде базуватися на взаємодії трьох основних компонентів:

- смартфон (камера): виконує роль «очей» системи, здійснюючи сканування оточення в реальному часі;
- нейромережа (ШІ): виступає «мозком» системи. Використовується модель типу YOLO, яка автоматично виявляє та ідентифікує об'єкти (людей, автомобілі, перешкоди) на зображенні. Для визначення місцезнаходження та побудови маршруту застосовується технологія SLAM;
- тактильний браслет або рукавичка: забезпечує зворотний зв'язок через вібросигнали («напрямний дотик»), вказуючи користувачеві безпечний шлях.

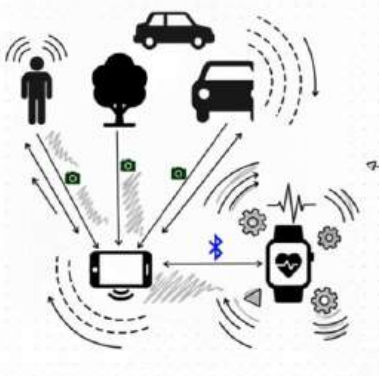


Рисунок 1 – Архітектура системи

Результати проведеного дослідження підтверджують можливість створення ефективної та недорогої системи навігації, яка вже зараз може бути доступна кожному користувачеві смартфона. Впровадження таких технологій дозволяє вирішувати глобальні виклики інклюзивності та значно покращувати якість життя людей із порушеннями зору.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Соколов А. А., Аврунін О. Г. Оцінка можливостей бібліотеки ARCORE для визначення дистанції до об’єктів у кадрі. *Опт.-ел. інф.-енерг. техн*. 2024. Вип. 47(1). С. 58–65.

2. Соколов А. А., Аврунін О. Г. Перспективи використання технологій доповненої реальності при розробці засобів навігації для незрячих. *Опт.-ел. інф.-енерг. техн*. 2023. Вип. 46(2). С. 55–63.

УДК 615.47

ФОРМАЛІЗАЦІЯ ДІАГНОСТИКИ ПОРУШЕНЬ НОСОВОГО ДИХАННЯ НА ОСНОВІ ЕНДОСКОПІЧНИХ, МОРФОМЕТРИЧНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ

Сокольцов А. О., аспірант, e-mail: andrii.sokoltsov@nure.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Аврунін О. Г.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Порушення носового дихання є складною діагностичною задачею, оскільки зумовлюються поєднанням анатомічних, функціональних та аеродинамічних чинників, а їх оцінювання часто залежить від суб'єктивного досвіду лікаря [1]. У зв'язку з цим актуальним напрямом біомедичної інженерії є створення комп'ютеризованих систем, у яких діагностичне рішення формується на основі інтеграції візуальних, морфометричних і функціональних параметрів, придатних до алгоритмічного опрацювання.

Одним із ключових компонентів такого підходу є формалізація експертних знань. У дослідженні «rule-based expert system» клінічну логіку діагностики подано у вигляді системи правил типу «if–then», побудованої на основі стандартизованих ознак, отриманих із відеоендоскопії. Це дозволяє перетворити якісний експертний висновок на формалізований набір параметрів, придатний для автоматизації та поєднання з алгоритмами комп'ютерного зору й машинного навчання [2]. Водночас комп'ютеризація діагностики потребує стандартизованого опису анатомічних змін. У роботі, присвяченій septal deformity grading system, запропоновано кількісний підхід до оцінювання деформації перегородки носа з урахуванням локалізації та ступеня вираженості відхилення. Така шкала дає змогу кодувати морфологічні зміни у вигляді числових показників, придатних для статистичного аналізу, побудови баз даних та навчання інтелектуальних моделей [3]. Подальший розвиток цього підходу пов'язаний із включенням функціональних даних. Зокрема, активна задня риноманометрія у поєднанні з комп'ютерною томографією дає можливість оцінювати перепад тиску, витрату повітря, аеродинамічний опір і особливості потоку, тоді як КТ забезпечує просторову модель носових шляхів для морфометричного аналізу та верифікації функціональних показників. У результаті томографічні та риноманометричні дані можуть використовуватися як основа для CFD-моделювання і прогнозування функціонального ефекту хірургічного втручання [4].

Отже, розглянуті підходи демонструють перехід до мультимодальної комп'ютеризованої діагностики, у якій ендоскопічні зображення формують набір візуальних ознак, шкали градації забезпечують стандартизований опис анатомічних порушень, а риноманометрія і КТ надають кількісну функціонально-просторову інформацію. Така інтеграція створює підґрунтя для розроблення інтелектуальних систем підтримки діагностики та передопераційного планування в ринології.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодянський Є. В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія [за ред. С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.

2. Navaratnam, Annakan et al. «Can a Rule-Based Expert System Diagnose Nasal Obstruction from Nasoendoscopy Videos?» *Facial plastic surgery: FPS* vol. 42,2 (2026): 261-269. doi:10.1055/a-2656-6413

3. Gu, Jeffrey T et al. «Validation of a septoplasty deformity grading system for the evaluation of nasal obstruction». *The Laryngoscope* vol. 129,3 (2019): 586-593. doi:10.1002/lary.27365.

4. Avrunin Oleg G. et al. «Research Active Posterior Rhinomanometry Tomography Method for Nasal Breathing Determining Violations» *Sensors (Basel, Switzerland)* vol. 21,24 8508. 20 Dec. 2021, doi:10.3390/s21248508.

УДК 631.541:621.3

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ І БЕЗПЕКА ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ ЗЕРНОПУНКТУ

Стрілець І. М., бакалавр, e-mail: istrela097@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

Зернопункти є ключовими ланками зернового ланцюга, де відбувається прийом, очищення, сушіння та тимчасове зберігання зерна. Потокові лінії на таких об'єктах включають конвеєри, елеватори, млини, вентилятори та насоси, що забезпечують переміщення та підготовку зерна до зберігання або відвантаження. Основними проблемами є високе енергоспоживання, зношення обладнання, ризик аварій та небезпека для персоналу [1, 2].

Оптимізація електромеханічних та електротехнічних систем потокових ліній дозволяє значно знизити споживання енергії та підвищити безпеку експлуатації. Впровадження електромагнітних (ЕМ) методів знезараження повітря та води, а також інтелектуальних систем моніторингу, дозволяє контролювати стан обладнання, запобігати перегріву, перевантаженню та аварійним зупинкам [2]. Для оцінки ефективності та енергоспоживання потокових ліній було проведено розрахунки для конвеєрів, вентиляторів, насосів та елеваторів, табл. 1.

Таблиця 1 – Енергоспоживання обладнання зернопункту (% від номінальної потужності)

Обладнання	Режим роботи	Потуж., кВт	Спожив. ЕМ, %	Спожив. традиц.(%)	Коментар/навантаження
Конвеєр	Переміщення зерна	15	65	85	Середнє навантаження
Насос	Подача води для очищення	5	60	75	Часткове навантаження
Вентилятор	Сушіння повітря	7	62	80	Середнє навантаження
Елеватор	Підйом зерна	20	70	90	Максимальне навантаження

Для оцінки ефективності знезараження повітря та води було проведено порівняння ЕМ та традиційних методів. Результати наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Зниження мікробного навантаження (%) у потокових системах зернопункту

Складова	Час обробки, хв	ЕМ (%)	Традиц.(%)	Коментар
Вода	5	52	30	Середня ефективність
Вода	10	78	55	Висока ефективність
Повітря	5	48	28	Середнє знезараження
Повітря	10	68	45	Висока ефективність

Для комплексної оцінки енергозбереження та безпеки експлуатації було проведено моделювання потокових ліній з урахуванням: оптимального підбору потужності двигунів; чергування роботи насосів та вентиляторів; автоматичного відключення обладнання при перегріві; контролю вологи та температури зерна. Розрахунки показали, що впровадження електромагнітних технологій та систем автоматизації дозволяє: Знизити енергоспоживання на 15–25 % порівняно з традиційними методами; Забезпечити безпечні умови експлуатації персоналу; Підвищити санітарну безпеку та якість зерна; Оптимізувати роботу потокових ліній і уникнути аварійних ситуацій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nowak B., Bilski J. Electromagnetic water treatment review // Journal of Agricultural Engineering. – 2021. – Vol. 67, №3. – P. 45 – 52.

2. Smith L. Air sterilization in greenhouses using UV and ozone technologies // TechAgro. – 2020. – Vol. 12, №2. – P. 15 – 23.

УДК 004.89:615.47:616-07

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ІНТЕРПРЕТОВАНОСТІ (EXPLAINABLE AI) ГІБРИДНИХ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ МОДЕЛЕЙ У ЗАДАЧАХ КЛІНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ

Терехов М. В., аспірант, e-mail: mykhailo.terekhov@nure.ua
Науковий керівник – к.т.н доц. Дацок О. М.
Харківський національний університет радіоелектроніки

Останнім часом у системах підтримки прийняття медичних рішень дедалі частіше використовують складні гібридні нейромережі. Поєднання згорткових, рекурентних шарів та архітектур типу Transformer дозволяє досягати високої точності при класифікації таких біомедичних сигналів, як електрокардіограми чи електроенцефалограми. Проте їх впровадження у клінічну практику стикається з серйозною перешкодою – проблемою «чорного ящика». Оскільки багатошарові моделі видають лише кінцевий результат і не пояснюють логіку своїх прогнозів, лікарі не можуть повністю на них покладатися. Це суперечить принципам доказової медицини та ускладнює сертифікацію програмного забезпечення. Тому метою дослідження стало застосування методів пояснювального штучного інтелекту (Explainable AI або XAI) для підвищення прозорості та клінічної цінності гібридних алгоритмів [1].

Щоб зробити роботу нейромережі зрозумілою для медичних фахівців, можна інтегрувати в систему кілька підходів до інтерпретації рішень. Зокрема, алгоритм Grad-CAM адаптовується для аналізу одновимірних часових рядів. Це дозволяє генерувати «теплові карти» та накладати їх безпосередньо на графіки фізіологічних показників, підсвічуючи ті фрагменти (наприклад, аномалії комплексу QRS), які найбільше вплинули на висновок мережі. Для оцінки вагомості кожного окремого каналу даних використовується метод SHAP, а для швидкого пояснення прогнозів для конкретного пацієнта – алгоритм LIME [2, 3].

Тестування запропонованого підходу на відкритих кардіологічних датасетах з бази PhysioNet показало, що методи XAI є корисними не лише для лікарів, але й відіграють критичну роль для самих розробників. Візуалізація активаційних карт допомогає виявити випадки «хибного навчання», коли модель орієнтувалася не на фізіологічні ознаки, а на апаратний шум або особливості роботи конкретного приладу. Виявлення таких артефактів дозволяє скоригувати навчальну вибірку та зробити алгоритм надійнішим. Водночас аналіз за допомогою методу SHAP дає змогу виявити та відкинути близько 15% найменш інформативних ознак без втрати загальної точності класифікації. Така оптимізація обчислювального навантаження є необхідним кроком для подальшого перенесення розроблених моделей на мікроконтролери та портативні IoT-пристрої моніторингу.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що інтеграція інструментів Explainable AI формує необхідне підґрунтя для переходу від суто теоретичних досліджень до створення прозорих, надійних та безпечних інтелектуальних систем, придатних для реального застосування у медичній практиці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Павлов С. В., Аврунін О. Г., Злепко С. М., Бодянський Є. В. та ін. Інтелектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія [за ред. С. Павлова, О. Авруніна]. Вінниця: ПП ТД «Едельвейс і К», 2019. 260 с.

2. The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care / M. Ghassemi та ін. // The Lancet Digital Health. – 2021. – Vol. 3, № 11. – P. e745–e750. – DOI: 10.1016/S2589-7500(21)00208-9.

3. A historical perspective of biomedical explainable AI research / L. Malinverno та ін. // Patterns. – 2023. – Vol. 4, № 9. – URL: https://doi.org/10.1016/j.patter.2023.100830 (дата звернення: 31.03.2026).

УДК 631.22:621.384

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООЗОНУВАННЯ ДЛЯ ДЕЗІНФЕКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ

Ткаченко А. І., бакалавр, e-mail: artemtkachenko@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Сільське господарство потребує ефективних і безпечних технологій дезінфекції приміщень для збереження здоров'я тварин і якості продукції. Наявність патогенних мікроорганізмів у тваринницьких приміщеннях призводить до зниження продуктивності, поширення інфекційних захворювань та економічних втрат. Традиційні методи дезінфекції, які використовують хімічні засоби, мають ряд недоліків: ризик забруднення навколишнього середовища, негативний вплив на людей і тварин, необхідність повторного застосування та високі витрати на обробку. У зв'язку з цим зростає актуальність розробки альтернативних фізичних методів дезінфекції, які є екологічно безпечними та ефективними [1, 2].

Одним із перспективних методів є електроозонування. Озон — сильний окисник, що здатен швидко руйнувати бактерії, віруси, грибки та інші патогенні мікроорганізми, не залишаючи токсичних залишків. Крім того, озон сприяє дегазації приміщень і зменшенню концентрації шкідливих газів, таких як аміак та вуглекислий газ, що підвищує комфорт і здоров'я тварин. Ефективність застосування озону залежить від концентрації, тривалості обробки та рівномірності його розподілу у приміщенні, що вимагає точного розрахунку параметрів електроозонуючої установки.

Розробка автоматизованої системи електроозонування дозволяє інтегрувати процес дезінфекції з існуючими інженерними системами ферми, контролювати концентрацію озону та час обробки, забезпечуючи безпеку персоналу і тварин. Автоматизація процесу дає змогу підвищити надійність і ефективність дезінфекції, знизити трудові та енергетичні витрати, а також забезпечити стабільність технологічного процесу [3].

Особливої актуальності тема набуває у контексті сучасних вимог до екологічності та сталого розвитку агропромислового комплексу. Впровадження електроозонуючих систем у тваринництві дозволяє зменшити використання хімічних дезінфекторів, підвищити безпеку продукції та покращити умови утримання тварин, що, у свою чергу, підвищує продуктивність і економічну ефективність фермерських господарств [4].

Розробка та дослідження автоматизованої системи електроозонування для дезінфекції сільськогосподарських приміщень є актуальним науково-технічним завданням, яке спрямоване на підвищення ефективності та безпеки технологічних процесів у тваринництві, оптимізацію витрат ресурсів і забезпечення високих стандартів якості продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 387 с.

2. Ключем В. І. Теорія електроприводу: навчальний посібник для ВНЗ. 2-ге вид., перероб. і доп. Енергоатоміздат, 2001.704 с.

3. Костинюк Л. Д., Парганчук Я. С. Мікропроцесорні засоби та системи. Львів: Львівська політехніка, 2001. 200 с.

4. http://www.vlt-drives.com.ua/usersimage/File/files/VLT%20AQUA%20Drive/FC202_Operatio n_instruction_025-90kW_MG20MA50.pdf

УДК 616.1

РОБОТИЗОВАНА ХІРУРГІЯ ТА АВТОНОМНІ МЕДИЧНІ СИСТЕМИ

Трикуліч В. В., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасний розвиток медичних технологій сприяє активному впровадженню роботизованих систем у хірургічну практику. Роботизована хірургія є одним із найінноваційніших напрямів медицини, що поєднує досягнення інженерії, інформатики та біомедицини. Використання роботів дозволяє значно підвищити точність операцій, зменшити ризики ускладнень і покращити результати лікування.

Роботизована хірургія передбачає використання спеціалізованих систем, які керуються лікарем і виконують складні маніпуляції з високою точністю. Найчастіше такі системи застосовуються в малоінвазивних операціях, де важлива максимальна точність рухів і мінімальне пошкодження тканин. Завдяки цьому зменшується тривалість відновлення пацієнтів і знижується ризик післяопераційних ускладнень.

Одним із ключових етапів розвитку роботизованої хірургії стало створення роботизованих систем, які забезпечують хірургу розширені можливості під час операції. Такі системи оснащені високоточними маніпуляторами, камерами високої роздільної здатності та інструментами, здатними виконувати складні рухи.

Сучасні хірургічні роботи дозволяють здійснювати операції з мінімальними розрізами, що знижує травматичність втручання. Крім того, вони забезпечують тривимірну візуалізацію операційного поля та фільтрацію тремору рук хірурга, що значно підвищує точність маніпуляцій. Роботизовані системи активно використовуються в урології, гінекології, кардіохірургії та нейрохірургії. Вони особливо ефективні під час складних операцій, де потрібна висока точність і контроль рухів.

Роботизована хірургія має низку переваг, серед яких висока точність, зменшення травматичності операцій, швидше відновлення пацієнтів і зниження ризику ускладнень. Водночас існують і виклики: висока вартість обладнання, необхідність спеціалізованого навчання персоналу, а також технічні та етичні питання. Особливо важливим є питання відповідальності у випадку помилок автономних систем. Також необхідно забезпечити надійність і безпеку таких технологій перед їх широким впровадженням.

Розвиток хірургічних роботів і систем підтримки лікаря сприяє підвищенню якості медичних послуг і відкриває нові можливості для лікування складних захворювань. У майбутньому ці технології можуть стати невід’ємною частиною медичної практики, забезпечуючи ще більш ефективне та безпечне лікування [1–3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Yang G.-Z., Cambias J., Cleary K. et al. Medical robotics—Regulatory, ethical, and legal considerations for increasing levels of autonomy // Science Robotics. 2024. URL: https://www.science.org/doi/10.1126/scirobotics.adi9601 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Haidegger T. Autonomy for surgical robots: Concepts and paradigms // IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics. 2025. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/10456789 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Shademan A. et al. Supervised autonomous robotic soft tissue surgery // Science Translational Medicine. 2024. URL: https://www.science.org/doi/10.1126/scitranslmed.aad9398 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 636.4: 615.831

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ УЛЬТРАФІОЛЕТОВИМ ОПРОМІНЮВАННЯМ ПОРОСЯТ

Трохимчук О. В., студент ННІ ЕАЕ, e-mail: lchervinsky@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Червінський Л. С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Для забезпечення оптимальних умов утримання свиней, зокрема поросят, важливим є підтримання раціонального режиму ультрафіолетового (УФ) опромінення.

Під дією УФ-променів у шкірі відбувається синтез вітаміну D_3, який бере участь у регуляції кальцієво-фосфорного обміну. Це має особливе значення для молодняку, зокрема поросят, оскільки сприяє: формуванню міцної кісткової системи; профілактиці рахіту; підвищенню імунітету.

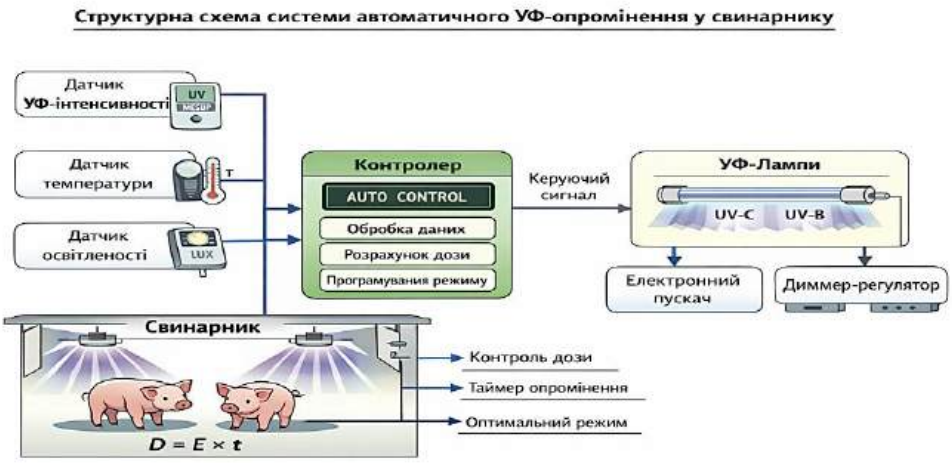
У природних умовах тварини отримують ультрафіолетове випромінювання від сонячного світла, однак у закритих тваринницьких приміщеннях його інтенсивність є недостатньою. Тому виникає необхідність створення системи автоматичного управління ультрафіолетовим опроміненням, яка забезпечує підтримання необхідної дози випромінювання відповідно до біологічних потреб тварин.

Система автоматичного управління УФ-опроміненням призначена для: підтримання оптимальної дози ультрафіолетового випромінювання; автоматичного регулювання тривалості опромінення; забезпечення рівномірного розподілу випромінювання у приміщенні; зниження енергоспоживання; підвищення біологічної ефективності опромінення

Принцип роботи системи. Система працює за наступним алгоритмом:

1. Датчики вимірюють інтенсивність УФ-випромінювання.
2. Сигнал передається до контролера.
3. Контролер порівнює отримані значення із заданими параметрами.

При відхиленні параметрів система автоматично: вмикає або вимикає лампи, змінює тривалість опромінення.



ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Berg, C., et al. (2018). Ultraviolet light and animal welfare in poultry production. Poultry Science, 97(3), 817–824. https://doi.org/10.3382/ps/pex375

2. Edwards, H. M. (2003). Effects of ultraviolet light on vitamin D synthesis in poultry. Poultry Science, 82(6), 913–916. https://doi.org/10.1093/ps/82.6.913

3. Holick, M. F. (2007). Vitamin D deficiency. New England Journal of Medicine, 357(3), 266–281. https://doi.org/10.1056/NEJMra070553

УДК 633.11:621.382.3

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ ЗЕРНА З ВИКОРИСТАННЯМ ЕНЕРГІЇ НВЧ-ВИПРОМІНЮВАННЯ

Тютєрєв Т. В., магістр, e-mail: ttyuterev@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

Зернові культури є основним джерелом харчових і кормових продуктів у сільському господарстві, і якість їх зберігання безпосередньо впливає на ефективність агропромислового виробництва. Під час зберігання зерна можуть розвиватися шкідники, патогенні мікроорганізми та плісняві гриби, що призводить до значних втрат урожаю, зниження схожості насіння та погіршення харчових і технологічних якостей продукції. Традиційні методи знезараження, що базуються на хімічних обробках, мають суттєві обмеження: хімічне забруднення продукції, екологічна небезпека та залежність ефективності від умов застосування [1].

Сучасні фізичні методи знезараження зерна стають особливо актуальними в умовах підвищених вимог до екологічності та безпеки харчових продуктів. Одним із перспективних напрямів є використання енергії НВЧ-випромінювання. Мікрохвильове випромінювання забезпечує ефективне знезараження зерна шляхом його нагрівання за рахунок діелектричних втрат, що призводить до загибелі шкідників і патогенних мікроорганізмів, не пошкоджуючи при цьому фізіологічних властивостей зерна. Застосування НВЧ-технологій дозволяє скоротити час обробки, підвищити повторюваність результатів та забезпечити енергоефективність процесу [2].

Розробка електротехнологічного комплексу для знезараження зерна з використанням НВЧ-енергії передбачає інтеграцію генератора НВЧ-випромінювання, транспортної системи зерна та автоматизованої системи керування параметрами обробки. Основними завданнями є забезпечення рівномірного розподілу мікрохвильової енергії у зерновій масі, регулювання потужності та часу обробки, контроль температури та вологості зерна, що дозволяє досягти високої ефективності знезараження без ушкодження зерна.

Сучасні системи автоматизації та моніторингу дозволяють інтегрувати датчики температури, вологості та рівня НВЧ-випромінювання, що забезпечує адаптивне регулювання процесу обробки, підвищує енергоефективність та надійність установки. Використання таких комплексів відповідає сучасним вимогам сталого розвитку, зниження впливу на довкілля та оптимізації енергоресурсів [3].

Таким чином, дослідження та розробка електротехнологічного комплексу для знезараження зерна з використанням енергії НВЧ-випромінювання є актуальним науково-технічним завданням. Воно спрямоване на підвищення безпеки та якості зерна, зменшення втрат продукції, оптимізацію енерговитрат і підвищення ефективності агропромислового виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. https://globecore.ua/peredposivna-obrobka-nasinnya-elektromagnitnym-polem.html
2. Музиченко В. А. Використання зворотного зв’язку від об’єкта обробки для визначення параметрів установки і режимів обробки / В. А. Музиченко // Актуальні питання сталого розвитку сільськогосподарського виробництва: міжнар. науково-практична конф., 24–25 квітня 2014 р. – Бережани, 2014. – С. 8–10.
3. https://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/19-tezy-stepyn-zerno.pdf

УДК 534.29:637.1

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЗБЕРІГАННЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЮ ОБРОБКОЮ МОЛОКА

Фемяк А. І., магістр ННІ ЕАЕ, e-mail: lchervinsky@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Червінський Л. С.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасна молочна промисловість потребує технологій, які забезпечують високу якість продукції, мікробіологічну безпеку та енергоефективність процесів. Традиційні методи обробки молока, зокрема пастеризація та стерилізація, пов'язані з термічним впливом, що може призводити до: часткової деградації білків; втрати вітамінів; зміни органолептичних властивостей молока.

Одним із перспективних напрямів інтенсифікації технологічних процесів є ультразвукова обробка, яка базується на використанні високочастотних акустичних хвиль (20–100 кГц). Ультразвукова обробка базується на поширенні пружних хвиль у рідкому середовищі, які викликають періодичні цикли стиску та розрідження.

Рівняння поширення акустичної хвилі у рідині можна записати у вигляді:

$$p(x,t)=p_0+A\sin(\omega t-kx), \quad (1)$$

де $p(x,t)$ — миттєвий тиск у середовищі; p_0 — статичний тиск; A — амплітуда коливань; $\omega=2\pi f$ — кутова частота; k — хвильове число.

Основним механізмом впливу ультразвуку на молоко є акустична кавітація.

Кавітація — це процес утворення, росту та імплозії мікропухирців у рідині. У момент колапсу бульбашки виникають: локальні температури до 5000 К; тиск до 100 МПа; мікрострумені та ударні хвилі.

Ці явища спричиняють руйнування клітин мікроорганізмів; диспергування жирових кульок; інтенсифікацію масообміну. Під дією ультразвуку відбувається диспергування жирових глобул, що описується співвідношенням:

$$D \propto \sigma/\rho v^2 , \quad (2)$$

де D — середній діаметр жирових частинок; σ — поверхневий натяг; ρ — густина середовища; v — швидкість коливань.

У результаті ультразвукової обробки зменшується розмір жирових кульок; покращується стабільність і довговічність емульсії, таким чином, підвищується однорідність молока.

Ультразвукова обробка має також значний мікробіологічний ефект. Ультразвукова кавітація призводить до руйнування клітинних мембран бактерій; денатурації білків мікроорганізмів, а також сприяє утворенню хімічно активних вільних радикалів.

Ультразвукова обробка молока є перспективним фізичним методом інтенсифікації технологічних процесів у молочній промисловості. Використання ультразвуку дозволяє підвищити якість молока, зменшити мікробіологічне забруднення та оптимізувати енергетичні витрати виробництва.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Wang X., Chen J. Ultrasound-assisted homogenization of milk emulsions. *Food Biophysics*. 2023. Vol. 18. P. 55–63.

2. Prosekov A., Ivanova S. Ultrasound treatment in dairy technology. *Journal of Animal Science and Biotechnology*. 2025. Vol. 16. P. 45–57.

3. Chen X., Wei L., Liu Y. Ultrasound processing improves quality of goat milk. *Journal of Dairy Science*. 2025. Vol. 108. P. 3021–3034.

УДК 616.1

ПЕРСОНАЛІЗОВАНА МЕДИЦИНА ТА ГЕНОМІКА

Хіміч В. Г., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Сучасний розвиток медицини характеризується переходом від універсальних підходів до лікування до індивідуалізованих стратегій, що враховують генетичні особливості кожного пацієнта. У цьому контексті важливу роль відіграють персоналізована медицина та геноміка — напрями, які дозволяють адаптувати профілактику, діагностику та лікування відповідно до індивідуальних характеристик організму.

Геноміка — це галузь науки, що вивчає структуру, функції та взаємодію генів у геномі людини. Завдяки розвитку технологій секвенування ДНК стало можливим швидко й відносно недорого отримувати інформацію про генетичний код людини. Це відкриває нові можливості для розуміння причин захворювань і підбору найбільш ефективних методів лікування.

Одним із ключових інструментів персоналізованої медицини є аналіз ДНК. Він дозволяє виявляти генетичні варіації, які можуть впливати на ризик розвитку певних захворювань, реакцію організму на лікарські препарати та ефективність терапії.

Крім того, аналіз ДНК використовується у фармакогеноміці — галузі, що вивчає вплив генів на реакцію організму на лікарські засоби. Завдяки цьому лікар може підібрати найбільш ефективний препарат і визначити оптимальне дозування, що знижує ризик побічних ефектів і підвищує ефективність лікування.

Персоналізована медицина дозволяє створювати індивідуальні стратегії лікування на основі генетичних даних пацієнта. Це особливо важливо в онкології, де генетичні особливості пухлини можуть визначати вибір терапії. Сучасні методи дозволяють аналізувати мутації в генах пухлинних клітин і підбирати таргетні препарати, які діють саме на ці зміни. Такий підхід значно підвищує ефективність лікування та зменшує шкоду для здорових тканин.

Основними перевагами персоналізованої медицини є підвищення ефективності лікування, зменшення побічних ефектів, можливість ранньої діагностики та профілактики захворювань. Вона сприяє переходу від реактивної медицини до превентивної.

Подальший розвиток геноміки пов’язаний із удосконаленням технологій секвенування, зниженням їх вартості та інтеграцією штучного інтелекту для аналізу великих обсягів даних. Очікується, що персоналізована медицина стане стандартом у майбутньому, забезпечуючи більш точне та ефективне лікування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ashley E. A. The precision medicine initiative: A new national effort // JAMA. 2024. URL: https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/2790000 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Torkamani A., Andersen K. G., Steinhubl S. R., Topol E. J. High-definition medicine // Cell. 2025. URL: https://www.cell.com/cell/fulltext/S0092-8674(25)00001-2 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Zhang X. та ін. Genomics-driven personalized medicine: Advances and challenges // arXiv. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2503.01234 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 616.1

НАНОТЕХНОЛОГІЇ В ДОСТАВЦІ ЛІКІВ

Хіміч Ю. Г., студент, e-mail: oleg.gorbovuy@gmail.com
Науковий керівник – магістр, асистент Горбовий О. В.
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Розвиток сучасної медицини тісно пов’язаний із впровадженням інноваційних технологій, серед яких особливе місце займають нанотехнології. Вони відкривають нові можливості для створення ефективних систем доставки лікарських засобів, що дозволяють підвищити точність лікування та зменшити побічні ефекти. Нанотехнології у фармацевтиці спрямовані на розробку наночастинок, здатних транспортувати лікарські препарати безпосередньо до уражених клітин.

Наночастинки — це структури розміром від 1 до 100 нанометрів, які мають унікальні фізико-хімічні властивості. Завдяки малим розмірам вони можуть проникати крізь біологічні бар’єри, включаючи клітинні мембрани, що робить їх ефективними носіями лікарських речовин.

Основною метою використання наночастинок є забезпечення таргетної (цільової) доставки лікарських засобів. Це означає, що препарат доставляється безпосередньо до уражених клітин або тканин, мінімізуючи вплив на здорові ділянки організму.

Існує кілька типів наночастинок, що використовуються в медицині, зокрема ліпосоми, полімерні наночастинки, нанокапсули та металеві наночастинки. Кожен із цих типів має свої особливості та застосування залежно від виду захворювання та способу введення препарату.

Наночастинки здатні проникати в клітини за допомогою різних механізмів, зокрема ендоцитозу. Вони можуть бути модифіковані спеціальними молекулами (лігандами), які розпізнають рецептори на поверхні клітин і забезпечують вибіркове зв’язування з ними.

Такий підхід дозволяє досягти високої точності доставки, що особливо важливо при лікуванні онкологічних захворювань. Наночастинки можуть доставляти не лише традиційні лікарські засоби, а й генетичний матеріал, наприклад РНК або ДНК, що відкриває перспективи для генної терапії. Крім того, сучасні наносистеми можуть реагувати на зовнішні стимули, такі як температура, pH або світло, що дозволяє контролювати процес вивільнення препарату в потрібному місці та в потрібний час.

Основними перевагами нанотехнологій у доставці ліків є підвищення ефективності терапії, зниження токсичності препаратів і можливість лікування складних захворювань. Вони дозволяють значно покращити фармакокінетичні властивості лікарських засобів і забезпечити їх стабільність в організмі. Нанотехнології вже активно застосовуються в онкології, де вони використовуються для доставки хіміотерапевтичних препаратів. Також вони застосовуються в лікуванні інфекційних, серцево-судинних і неврологічних захворювань [1–3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Shi J., Kantoff P. W., Wooster R., Farokhzad O. C. Cancer nanomedicine: Progress, challenges and opportunities // Nature Reviews Cancer. 2024. URL: https://www.nature.com/articles/s41568-024-00678-0 (дата звернення: 03.04.2026).

2. Mitchell M. J., Billingsley M. M., Haley R. M. et al. Engineering precision nanoparticles for drug delivery // Nature Reviews Drug Discovery. 2025. URL: https://www.nature.com/articles/s41573-025-00012-3 (дата звернення: 02.04.2026).

3. Patel S. et al. Nanoparticle-based drug delivery systems: Recent advances and future perspectives // arXiv. 2025. URL: https://arxiv.org/abs/2502.07890 (дата звернення: 01.04.2026).

УДК 636.08

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ДІАГНОСТИКИ ЧЕРЕВНОЇ ПОРОЖНИНИ СВІЙСЬКИХ ТВАРИН

Черняк Ю. Д., студ., e-mail: keltickoa@gmail.com
Науковий керівник – ст. викл. Сухін В. В.
Державний біотехнологічний університет

Сучасна діагностика черевної порожнини свійських тварин є одним із ключових етапів ветеринарного обстеження, оскільки дозволяє своєчасно виявляти патології внутрішніх органів, запобігати ускладненням та забезпечувати ефективне лікування [1]. Висока точність діагнозу досягається за рахунок поєднання різних методів обстеження, що доповнюють один одного та підвищують ефективність ветеринарної допомоги [2].

Клінічне обстеження включає огляд, пальпацію, аускультацію та перкусію. Пальпація дозволяє визначити розміри, форму, консистенцію та положення органів, а також виявити болючість або ущільнення, що можуть свідчити про патологічні процеси [1]. Аускультація шлунково-кишкового тракту допомагає оцінити характер перистальтики, наявність патологічних шумів або застоїв. Перкусія дозволяє визначити наявність газів, рідини або ущільнень у черевній порожнині [1]. Клінічні методи є швидкими та простими, проте вони не завжди дозволяють оцінити глибинні або приховані патології, особливо у великих тварин або при складних захворюваннях.

Лабораторна діагностика дозволяє оцінити функціональний стан печінки, нирок, підшлункової залози, а також виявити запальні або інфекційні процеси [2]. Наприклад, підвищений рівень ферментів печінки або зміни у клітинній формулі крові можуть свідчити про гепатит, панкреатит або запалення черевної порожнини [2]. Основним обмеженням лабораторних методів є те, що вони дають лише непрямі ознаки патології, і для точного визначення захворювання часто необхідне використання інструментальних методів.

Інструментальні методи включають ультразвукове дослідження (УЗД), яке дозволяє детально оцінити форму, розміри та структуру органів, виявити абсцеси, новоутворення, запальні зміни або рідинні накопичення [1]. Рентгенографія використовується для оцінки стану черевної порожнини, наявності газів, рідини та сторонніх тіл, проте має обмежену здатність візуалізувати м’які тканини [1]. Комп’ютерна томографія (КТ) та магнітно-резонансна томографія (МРТ) застосовуються рідше через високу вартість, але дають тривимірне та детальне зображення внутрішніх органів, що особливо важливо при складних або невизначених випадках [2].

Додатково у практиці застосовується лапароскопія, яка дозволяє безпосередньо оглянути внутрішні органи та провести біопсію при необхідності [2]. Також використовуються функціональні тести для оцінки ферментативної активності та травлення, що допомагає виявляти приховані порушення обміну речовин [2].

Для забезпечення максимальної точності діагностики рекомендується комбінувати всі методи: клінічні – для швидкої оцінки стану тварини, лабораторні – для функціональної оцінки органів, інструментальні – для візуалізації патологій і визначення їх локалізації та характеру [1, 2]. Такий комплексний підхід дозволяє своєчасно виявляти захворювання черевної порожнини, підбирати ефективне лікування та підвищувати якість ветеринарної допомоги. Застосування сучасних методів діагностики сприяє покращенню прогнозу одужання тварин та зменшенню ризику ускладнень [1, 2].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сидоренко О. М., Петренко І. В. Діагностика та лікування захворювань травної системи свійських тварин / О. М. Сидоренко, І. В. Петренко. – К.: Урожай, 2020. – 256 с.

2. Ковальчук В. П. Ветеринарна хірургія: навчальний посібник / В. П. Ковальчук. – Львів: ЛНУВМ та БТ ім. С.З. Гжицького, 2019. – 312 с.

УДК 615.47

ЗАСТОСУВАННЯ НАНОТЕХНОЛОГІЙ У МЕДИЦИНІ

Шевякова В. А.[1], студентка, e-mail: shevakova.viktoria@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.[2]
[1] Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
[2] Державний біотехнологічній університет

Нанотехнології (НТ) стрімко розвиваються і відкривають широкі перспективи застосування у біомедицині для збереження здоров'я, вдосконалення діагностики та лікування. Водночас поняття НТ охоплює не одну окрему технологію, а комплекс міждисциплінарних підходів, що поєднують фізичні, хімічні, інженерні й електронні процеси, матеріали та їх практичне використання. Ключовою ознакою нанотехнологій є робота зі структурами або частинками розміром від 1 до 100 нм [1, 2].

Наночастинки умовно поділяють на три групи: природного походження (утворені, наприклад, унаслідок горіння чи геологічної активності), антропогенні ненавмисні (присутні у викидах транспорту й промисловості) та штучно створені. Ненавмисно утворені наночастинки формуються в неконтрольованих умовах і, як правило, є більш неоднорідними за фізичними й хімічними властивостями порівняно з синтезованими.

Завдяки великій площі поверхні наночастинки здатні адсорбувати значну кількість забруднювачів, включаючи гази, органічні сполуки та метали змінної валентності. Їх вплив на організм людини значною мірою визначається саме цими властивостями — розвиненою поверхнею та здатністю зв'язувати токсичні компоненти.

Сфера можливих медичних застосувань нанотехнологій надзвичайно широка. Одним із найважливіших напрямів є створення нових підходів до діагностики, профілактики та лікування, які здатні подолати обмеження традиційної молекулярної діагностики та сприяти розвитку персоналізованої медицини. Зокрема, в онкології НТ активно використовують для візуалізації, діагностики, адресної доставки лікарських засобів, а також у протипухлинній і генній терапії.

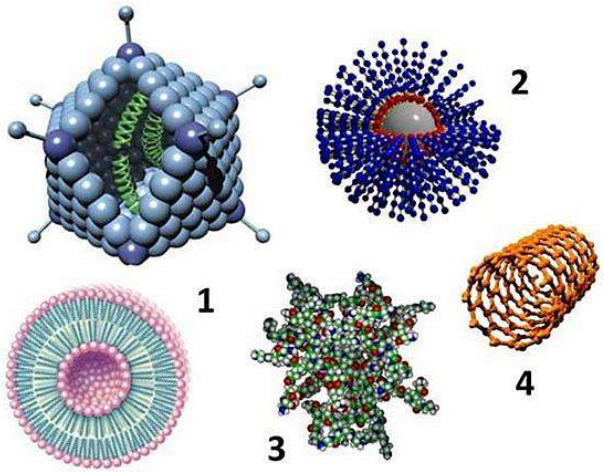
Молекулярна візуалізація дозволяє виявляти та оцінювати клітинні й молекулярні зміни як in vitro, так і in vivo. Флуоресцентні зонди широко застосовуються у біології завдяки своїй інертності, проте традиційні органічні маркери мають обмеження, пов'язані з розмірами та стабільністю. Наночастинки, навпаки, можуть слугувати високоефективними зондами: вони забезпечують яскравість, фотостабільність і широкий спектр поглинання. Можливість модифікації їх поверхні (наприклад, антитілами чи іншими біомолекулами) підвищує їх біосумісність і точність діагностики. Зокрема, квантові точки продемонстрували вищу ефективність порівняно з традиційними флуорофорами при міченні клітинних структур та онкомаркерів [1, 2].

Окрім діагностики, важливим напрямом є цілеспрямована доставка лікарських засобів. Це особливо актуально в онкології, де препарати часто є токсичними. Використання наночастинок дозволяє підвищити біодоступність ліків, зменшити побічні ефекти та знизити токсичний вплив на здорові тканини. Для цього застосовують різні носії, зокрема ліпосоми, полімерні структури, дендримери та інші наноматеріали.

Патологічні зміни в тканинах, зокрема при пухлинах або запаленні, можуть використовуватися для вибіркової доставки нанопрепаратів. Перевагою таких систем є триваліший час циркуляції в організмі та здатність накопичуватися у потрібних ділянках. Наприклад, інкапсуляція доксорубіцину в ліпосоми суттєво подовжує його перебування в кровотоці та покращує фармакокінетичні характеристики [2].

Особливу роль нанотехнології відіграють у подоланні гематоенцефалічного бар'єра, який обмежує надходження багатьох лікарських засобів до мозку. Використання наночастинок відкриває можливість ефективної доставки біологічно активних речовин до

центральної нервової системи, підвищуючи ефективність лікування та зменшуючи токсичність, особливо у випадку протипухлинної терапії [3, 4].



Наночастинки, що застосовуються для транспортування терапевтичних молекул:
1 — ліпосома та аденовірус; 2 — полімерна наноструктура;
3 — дендример; 4 — вуглецева нанотрубка.

Перевага нанотехнологічних препаратів над звичайними полягає у подовженні часу циркуляції в організмі, здатності не втрачати ефективності і бути представленими у необхідній концентрації у конкретному місці [4]. Так, включення доксорубіцину в ліпосоми у 300 разів подовжувало період циркуляції та покращувало його фармакокінетику порівняно з вільним доксорубіцином [3]. Крім того, підвищення судинної проникності одночасно з послабленим лімфатичним дренажем дозволяє підвищити проникність та тривалість ефекту наносистем у пухлині або тканинах із запальним процесом [2].

Терапевтична цінність багатьох нових препаратів для лікування захворювань мозку є зниженою внаслідок існування гематоенцефалічного бар'єру, який надійно відмежовує мозок від препаратів, циркулюючих у кров'яному руслі. Саме завдяки НТ стає можливим використання тих перспективних препаратів, які не використовуються у клініці через неподолання гематоенцефалічного бар'єру [3]. Наночастинки значно покращують селективність доставки до мозку біологічно активних сполук, підвищують ефективність і знижують токсичність протипухлинних препаратів [3–4].

Висновок. Нанотехнології в медицині (наномедицина) є одним із найбільш перспективних та актуальних напрямків сучасної науки, оскільки вони дозволяють працювати на молекулярному та клітинному рівнях, забезпечуючи принципово нові підходи до діагностики та лікування хвороб. Нанотехнології роблять медицину більш персоналізованою, ефективною та безпечною, відкриваючи можливості для лікування раніше невиліковних захворювань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Liu W. T. Nanoparticles and their biological and environ-mental application / W.T. Liu // J. Biosci. Biomed. – 2025. – No 102. – P. 1-7.

2. Kim K. Y. Nanotechnology platforms and physiological challenges for cancer therapeutics. Nanomedicine 2024; 3 (2): 103–10.

3. Проценко І. Ю. Наноматеріали і нанотехнології в електроніці: підручник / І. Ю. Проценко, Н. І. Шумакова. – Суми: СумДУ, 2017. – С. 38-39.

4. Boisseau P. Nanomedicine, nanotechnology in medicine / P. Boisseau, B. Loubaton // Comptes Rendus Physique. – 2019. – № 12 (7). – P. 620.

УДК 62-341.4:631.147:621.396

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ПТАШНИКА

Шкромида А. З., бакалавр, e-mail: Artemshkromida755@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Косуліна Н. Г.
Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто застосування електромагнітних (ЕМ) технологій у модернізації електротехнічного комплексу пташника з метою підвищення енергоефективності та забезпечення біобезпеки. Проведено аналіз впливу електромагнітних полів на санітарні показники повітря та води, енергоспоживання обладнання та ефективність роботи систем обігріву, освітлення та вентиляції. Розглянуто переваги та обмеження технології, запропоновано науково обґрунтовані шляхи інтеграції ЕМ-технологій у сучасні пташники.

Мета роботи – дослідження ефективності застосування ЕМ технологій для модернізації електротехнічного комплексу пташника з метою зниження енергоспоживання, підвищення продуктивності систем обігріву, освітлення та вентиляції та забезпечення санітарної безпеки.

Об'єкт дослідження. Електротехнічний комплекс сучасного пташника, включно з системами обігріву, вентиляції, освітлення та водопостачання. *Предмет дослідження.* Вплив ЕМ технологій на енергетичні характеристики обладнання, санітарні показники повітря та води, ефективність технологічних процесів і безпеку експлуатації.

Енергоефективність і безпека експлуатації сучасних пташників є ключовими критеріями їх модернізації. Традиційні системи обігріву, освітлення та вентиляції характеризуються високим споживанням електроенергії та недостатньою інтеграцією методів контролю мікробіологічної безпеки [1, 2]. Впровадження ЕМ-технологій дозволяє інтенсифікувати процеси знезараження води та повітря, оптимізувати енергоспоживання та підвищити контроль за експлуатаційними показниками обладнання. Для оцінки ефективності застосування ЕМ технологій у пташниках були проведені наступні дослідження: Моделювання розподілу ЕМП у робочих зонах пташника (обігрів, освітлення, вентиляція); Оцінка енергоспоживання обладнання до та після впровадження ЕМ технологій; Вимірювання санітарних показників (мікробне навантаження у повітрі та воді) у зоні дії ЕМП; Аналіз впливу параметрів ЕМП (частота, інтенсивність) на ефективність технологічних процесів.

Переваги технології: зниження енергоспоживання; скорочення часу обробки повітря та води; підвищення біобезпеки та якості умов утримання птахів; можливість інтеграції у сучасні системи автоматизації. *Недоліки технології:* висока вартість обладнання; необхідність точного підбору параметрів поля (частота, інтенсивність); вимоги до ЕМ безпеки персоналу.

Застосування ЕМ-технологій у модернізації електротехнічного комплексу пташника забезпечує значне зниження енергоспоживання та покращує санітарні умови. ЕМ-технології дозволяють ефективно знезаражувати повітря та воду без значного перегріву або хімічних добавок. Основними обмеженнями є вартість обладнання та потреба у контролі параметрів поля для безпечної експлуатації. Інтеграція ЕМ-технологій у сучасні системи обігріву, освітлення та вентиляції пташників є перспективною для підвищення продуктивності та енергоефективності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Pfeifer S., Heiermann M., Sember G. Low-frequency electromagnetic fields as an alternative to sanitize water of drinking systems in poultry production? *PLoS ONE*. 2019;14(6):e0220302.

2. Blenkinsopp S., et al. Magnetic and electromagnetic methods in reducing microbial contamination in water: A systematic review and meta-analyses. *Water Research*. 2025.

УДК 619:616-073.65

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ ТЕРМОГРАФІЇ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ЗАХВОРЮВАНЬ ДОМАШНІХ ТВАРИН

Штепа Є. В., бакалавр, e-mail: shtepamed@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Чорна М. О.
Державний біотехнологічний університет

У сучасній ветеринарній медицині важливим завданням є своєчасна та точна діагностика захворювань домашніх тварин. Рання діагностика дозволяє ефективно запобігати розвитку патологічних процесів, зменшувати витрати на лікування та підвищувати рівень добробуту тварин. Традиційні методи діагностики, такі як клінічний огляд, лабораторні аналізи та інструментальні дослідження, хоча й забезпечують достатній рівень інформативності, часто потребують значного часу, можуть бути інвазивними або викликати стрес у тварин. У зв'язку з цим зростає потреба у впровадженні неінвазивних, швидких та високоточних методів діагностики.

Одним із перспективних напрямів є використання методу термографії, який базується на реєстрації інфрачервоного випромінювання поверхні тіла та визначенні температурного поля об'єкта. Будь-які патологічні процеси, такі як запалення, порушення кровообігу чи травми, супроводжуються локальними змінами температури, що можуть бути виявлені за допомогою термографічних досліджень. Це дозволяє використовувати термографію як ефективний інструмент ранньої діагностики широкого спектра захворювань.

Перевагами термографії є її безконтактність, безпечність для тварин і персоналу, можливість проведення досліджень у реальному часі та отримання наочних результатів у вигляді термограм. Метод не потребує спеціальної підготовки тварини, що знижує рівень стресу та спрощує процес обстеження. Особливо ефективним є застосування термографії для виявлення запальних процесів, патологій опорно-рухового апарату, захворювань молочної залози, а також порушень периферичного кровообігу [1].

Розвиток сучасних тепловізійних технологій, цифрової обробки сигналів та методів аналізу зображень створює передумови для широкого впровадження термографії у ветеринарну практику. Використання програмного забезпечення для аналізу термограм дозволяє підвищити точність діагностики, автоматизувати процес обробки даних та забезпечити об'єктивність результатів. Крім того, інтеграція термографії з іншими методами діагностики дозволяє отримати більш повну картину стану організму тварини.

Особливої актуальності ця тема набуває в умовах зростання вимог до якості ветеринарних послуг, підвищення уваги до благополуччя тварин та необхідності впровадження сучасних технологій у практику ветеринарної медицини. Використання термографії дозволяє підвищити ефективність діагностичних процедур, скоротити час обстеження та забезпечити раннє виявлення захворювань, що є важливим фактором успішного лікування.

Термографія, заснована на реєстрації інфрачервоного випромінювання, дозволяє отримувати температурні карти поверхні тіла, що відображають фізіологічні та патологічні процеси в організмі. Метод дає змогу оперативно виявляти зони запалення, порушення кровообігу, асиметрію температурного розподілу, що може бути маркером ранніх стадій захворювань.

Висновок. Застосування методу термографії для діагностики захворювань домашніх тварин є актуальним науково-практичним напрямом, який сприяє підвищенню точності та ефективності діагностики, покращенню умов утримання тварин і розвитку сучасної ветеринарної медицини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Aujeszky T. Thermography-based material classification using machine learning / T. Aujeszky, G. Korres, M. Eid // IEEE International Symposium on Haptic Audio-Visual Environments and Games – Abu Dhabi. – 2017. – P. 1-6.

СЕКЦІЯ 4. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО- І ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

УДК.697.94

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Бут Д. В., студент, e-mail: butdimon2@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Жила В. І.
Державний біотехнологічний університет

Проблеми з надійністю та стабільністю енергопостачання стають все більш актуальними на тлі воєнних дій та зростаючого дефіциту енергетичних ресурсів. Прагнення до сталого розвитку та зменшення залежності від викопних видів палива, використання відновлюваних джерел енергії та оптимізація енергоспоживання стають важливими аспектами забезпечення надійності роботи холодильних установок. Гібридні системи є перспективним рішенням для забезпечення стабільного та надійного енергопостачання.

Мета досліджень – проведення аналізу існуючих варіантів енергозабезпечення споживачів у реальних умовах сьогодення.

Основні матеріали досліджень. Найбільш розповсюдженим варіантом підвищення надійності промислових холодильних систем є резервне живлення, зокрема, джерела безперебійного живлення; генератори на викопному паливі – для резервного живлення під час тривалих відключень або недостатньої генерації енергії з відновлюваних джерел; портативні зарядні станції – мобільні рішення, що дозволяють зберігати та використовувати енергію в будь-якому місці.

Популярним варіантом є використання системи зберігання енергії (ESS), яка дозволяє накопичувати надлишкову електроенергію, вироблену сонячними панелями, для подальшого використання під час пікових навантажень або в періоди, коли виробництво енергії є недостатнім. Інтеграція сонячної енергії, ESS та резервного живлення в гібридну систему дозволяє забезпечити високу ефективність та надійність енергопостачання.

Переваги гібридних систем автономного живлення.

Економічні. Гібридні системи живлення значно знижують витрати на електроенергію, зменшуючи залежність від мережі та використання викопних видів палива. Знижується час простоїв завдяки безперебійному живленню, що критично важливо для холодильних систем.

Екологічні. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна енергія, сприяє зменшенню викидів CO_2 та підтримує екологічні ініціативи.

Надійність та безпека. Гібридні системи забезпечують високу надійність енергопостачання завдяки використанню резервних джерел живлення та ESS.

Новації у сфері гібридних систем. Інновації в галузі акумуляторних батарей, зокрема розробка нових матеріалів та збільшення енергетичної щільності, продовжують покращувати ефективність і надійність гібридних систем. Інтелектуальні системи керування енергією (EMS), що використовують штучний інтелект та машинне навчання, дозволяють оптимізувати енергоспоживання та підвищити ефективність систем.

Гібридні системи автономного живлення представляють собою сучасне рішення, що поєднує економічні та екологічні переваги з високою надійністю. Вони сприяють зниженню витрат на енергію, підвищенню стабільності енергопостачання та підтримці екологічної сталості. Інвестування в такі системи є важливим кроком на шляху до сталого розвитку та енергетичної незалежності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Будуємо енергонезалежність країни [Електронний ресурс] // INSOLAR: [сайт]. https://isolar.com.ua/

2. Смілик М. М., Войтенко В. С. Автономна холодильна система прямого живлення від сонячної енергії. *Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XXI Міжнар. форуму молоді*, 10-11 квіт. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 351-352.

УДК 629.113:621.577

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АБСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН В АВТОМОБІЛЬНИХ СИСТЕМАХ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Гайдаржи В. Є., аспірант, e-mail: jamesontrust21@gmail.com
Харченков М. А., бакалавр: e-mail: uykovlev11@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Яковлев Ю. О.
Одеський національний технологічний університет

Сучасні автомобільні системи кондиціонування повітря переважно базуються на парокомпресійних холодильних машинах, які потребують механічної енергії від двигуна або електроприводу. Це призводить до збільшення витрат палива, підвищення навантаження на силову установку та зростання викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище. У зв'язку з посиленням вимог до енергоефективності та екологічності транспортних засобів актуальним є пошук альтернативних технічних рішень, одним із яких є застосування абсорбційних холодильних машин.

Абсорбційні холодильні машини (АХМ) працюють на основі використання теплової енергії, що дозволяє відмовитися від традиційного компресора. Принцип їх дії базується на процесах абсорбції та десорбції холодоагенту з використанням відповідних розчинів. Типова схема включає генератор, конденсатор, випарник та абсорбер, які утворюють замкнений термодинамічний цикл. Найбільш поширеними робочими парами є системи вода–бромід літію та аміак–вода, що забезпечують ефективне отримання холоду в широкому діапазоні температур.

Ключовою перевагою використання АХМ в автомобілях є можливість утилізації низькопотенційного тепла, яке в традиційних умовах втрачається. Зокрема, як джерело енергії можуть використовуватися відпрацьовані гази двигуна внутрішнього згоряння або тепло системи його охолодження. Це дозволяє зменшити споживання палива, підвищити загальний коефіцієнт корисного використання енергії та знизити навантаження на двигун. Додатковими перевагами є екологічна безпечність за рахунок використання природних холодоагентів, зниження рівня шуму та вібрацій, а також підвищена надійність через відсутність рухомих компресорних елементів.

Водночас впровадження АХМ у транспорті стримується низкою технічних обмежень. До них належать відносно низький коефіцієнт холодильного перетворення, значні габарити і маса обладнання, інерційність процесів та складність конструктивної реалізації в умовах обмеженого простору автомобіля. Особливо це стосується легкових транспортних засобів, де вимоги до компактності та швидкодії є визначальними.

Найбільш перспективним є застосування АХМ у вантажному транспорті, автобусах, спеціальній техніці, а також у гібридних і електричних транспортних засобах. У таких системах можливе ефективне поєднання процесів утилізації тепла з виробництвом холоду для забезпечення комфортних умов у кабіні або пасажирському салоні. Крім того, перспективним напрямом є створення комбінованих (гібридних) систем кондиціонування, що поєднують абсорбційний та компресорний цикли.

Подальший розвиток АХМ пов'язаний із їх мініатюризацією, удосконаленням теплообмінних апаратів, використанням нових робочих пар і сорбційних матеріалів, а також інтеграцією з системами утилізації тепла та альтернативними джерелами енергії. Це відкриває можливості для підвищення ефективності та розширення сфер застосування таких систем у транспортній галузі.

Таким чином, АХМ є перспективним напрямом розвитку автомобільних систем кондиціонування повітря, що дозволяє підвищити енергоефективність транспортних засобів і зменшити їх негативний вплив на навколишнє середовище.

УДК 641.528.6

ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ЗАМОРОЖУВАННЯ НА ЯКІСТЬ І МІКРОБІОЛОГІЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ ХАРЧОВИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Голубєва Д. О., здобувачка, e-mail: holubievadasha@gmail.com
Науковий керівник – доц. Петренко О. В.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості особливого значення набувають технології, що забезпечують збереження якості та безпечності продукції протягом тривалого часу. Одним із ключових факторів, що впливають на ці показники, є швидкість заморожування харчових продуктів. Дослідження показують, що саме інтенсивність процесу охолодження визначає структурні, мікробіологічні та органолептичні характеристики напівфабрикатів.

При повільному охолодженні продуктів у температурному діапазоні від +65 до +10 °С створюються сприятливі умови для активного розмноження мікроорганізмів, що призводить до погіршення якості та скорочення терміну зберігання. Натомість швидке зниження температури значно уповільнює розвиток мікрофлори, оскільки більшість бактерій не встигає адаптуватися до різкої зміни умов середовища.

Важливим аспектом є також процес кристалізації води в продукті. При швидкому заморожуванні утворюються дрібні кристали льоду (мікрокристалізація), які не пошкоджують клітинну структуру тканин. Це дозволяє зберегти консистенцію, смакові властивості та харчову цінність продукту після розморожування. У разі повільного заморожування формуються великі кристали, що руйнують клітини та спричиняють значні втрати вологи.

Сучасні технології шокового заморожування забезпечують досягнення температури -18 °С у товщі продукту менш ніж за 240 хвилин, що є критичним для збереження якості. Процес включає три основні етапи: охолодження (від +20 до 0 °С), підморожування (0…-5 °С) та доморожування (-5…-18 °С). Найбільш енергоємним є другий етап, під час якого відбувається фазовий перехід води.

Порівняно з традиційними методами заморожування, швидкоморозильні технології мають низку суттєвих переваг: скорочення часу обробки у 3–10 разів, зменшення втрат маси продукту до 0,8 %, підвищення бактеріологічної безпеки, а також збереження структури тканин і органолептичних властивостей. Крім того, вони сприяють оптимізації виробничих процесів, зменшенню витрат ресурсів і розширенню асортименту продукції.

Таким чином, швидкість заморожування є визначальним фактором, що впливає на якість і безпечність харчових напівфабрикатів. Використання технологій шокового заморожування дозволяє значно підвищити ефективність виробництва та забезпечити високі споживчі характеристики продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні технології: навчальний посібник / В. В. Шутюк, О. С. Бессараб, О. В. Дущак, В. І. Ємцев. Київ: НУХТ, 2022. 172 с.

2. Холодильне обладнання підприємств харчової промисловості: навчальний посібник / О. С. Тітлов, С. Ф. Горикін. Вінниця: ВНТУ, 2012. 288 с.

3. Sun D.-W. (Ed.). Handbook of Frozen Food Processing and Packaging. Boca Raton: CRC Press / Taylor & Francis, 2006.

УДК.697.94

ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ШУМУ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Горик А. Г., студент, e-mail: Pacbet.1.1.1@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., проф. Жила В. І.
Державний біотехнологічний університет

Промислове холодильне обладнання є невід'ємною частиною промислових підприємств. Проте шум, що створюється промисловим холодильним обладнанням, стає серйозною проблемою як для співробітників, що працюють поблизу агрегатів, так і для навколишнього середовища. Рівень шуму, що перевищує допустимі норми, призводить до зниження продуктивності праці, погіршення здоров'я працівників і навіть до юридичних наслідків для підприємства.

Мета досліджень – проведення аналізу основних методів зниження шуму, що надходить від промислового холодильного обладнання, та складання рекомендацій щодо їх застосування.

Методи зниження шуму від промислового холодильного обладнання.

1. Своєчасне обслуговування та заміна зношених частин дозволяють значно зменшити шум.

- Модернізація застарілого обладнання може значно знизити рівень шуму.
- Перевірка та заміна підшипників.
- Мащення частин, що рухаються.
- Регулювання та балансування вентиляторів.
- Контроль стану кріплень та амортизаторів.
- Очищення теплообмінників та конденсаторів.
- Перевірка герметичності трубопроводів та з'єднань.

2. Використання звукоізоляційних матеріалів та оптимізація розміщення обладнання

- Ізоляція та екранування.
- Віброізоляція.
- Врахування акустичних характеристик приміщення.
- Раціональне компонування обладнання.
- Холодильні агрегати з шумоізоляцією.

Правильно підібрані холодильні агрегати можуть значно знизити рівень шуму в приміщенні. Наприклад, компресори та вентилятори, які є основними джерелами шуму, слід розміщувати таким чином, щоб мінімізувати резонансні явища та взаємодію звукових хвиль. Це може включати рознесення джерел шуму на різні відстані або використання екранів для розділення агрегатів.

Правильно підібрані холодильні агрегати можуть значно знизити рівень шуму в приміщенні. Ось кілька ключових факторів, які впливають на цей аспект:

1. Потужність агрегату.
2. Якість складання та матеріали.
3. Тип компресора.
4. Місце встановлення.

Вибір холодильного агрегату з урахуванням усіх цих факторів допомагає знизити рівень шуму, створюючи комфортніші умови для роботи чи проживання. Перш ніж купити холодильний агрегат, необхідно правильно підібрати його для того, щоб інвестиції максимально окупилися.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Будуємо енергонезалежність країни [Електронний ресурс] // INSOLAR: [сайт]. https://isolar.com.ua/

УДК 641.78:664

КОМПЛЕКСНА ТЕРМОДИНАМІЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ ТА ЕКОЛОГІЧНА ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВ РИТЕЙЛУ

Григоров Ю. Ф., студент, e-mail: papelats@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Якушенко Є. М.
Державний біотехнологічний університет

В умовах глобальної енергетичної кризи та стрімкого посилення екологічних стандартів, проектування систем холодопостачання для підприємств роздрібної торгівлі вимагає принципово нового підходу, який виходить за межі простого забезпечення температурних режимів зберігання продуктів. Холодильне обладнання є найбільш енергомістким вузлом супермаркету, споживаючи від 40 % до 60 % загальної електроенергії об'єкта, що робить цей сектор критично важливим для впровадження енергозберігаючих заходів.

Основним вектором трансформації є повна відмова від високоефективних, але екологічно небезпечних ГФУ-холодоагентів на користь природних робочих тіл, зокрема діоксиду вуглецю (CO_2, R744). Впровадження транскритичних бустерних систем на CO_2 дозволяє не лише досягти високих показників енергетичної ефективності в помірних кліматичних зонах, але й повністю інтегрувати холодильну установку в загальну інженерну мережу будівлі. Ключовим елементом енергоефективності в проекті виступає глибока рекуперація теплоти конденсації. Замість того, щоб скидати тепло в навколишнє середовище через конденсатори або газовідділювачі, ми пропонуємо використовувати його для потреб гарячого водопостачання та повітряного опалення торгового залу. Для підвищення ефективності системи в літній період, особливо в умовах пікових температурних навантажень, передбачено інтеграцію паралельного компресора та адіабатичного охолодження вихідного газу. Паралельне стиснення дозволяє ефективно відводити пари холодоагенту з проміжного ресивера при вищому тиску всмоктування, що суттєво знижує навантаження на основні компресори та підвищує загальний холодильний коефіцієнт (COP).

Особлива увага приділена інтелектуальному керуванню системою. Впровадження алгоритмів адаптивного керування тиском кипіння та конденсації дозволяє системі динамічно підлаштовуватися під реальні умови навколишнього середовища, уникаючи надлишкової роботи компресорів. Використання електронних терморегулюючих вентилів (ETRV) забезпечує точне підтримання перегріву, що стабілізує роботу випарників і запобігає вологим ходам. Важливим аспектом є також оптимізація споживання енергії на рівні торгового обладнання: використання скляних дверей на середньотемпературних регалах та низькотемпературних бонетах дозволяє знизити теплопритоки з боку торгового залу на 30–45 %, що прямо пропорційно зменшує необхідну потужність холодильного агрегату.

Також передбачено впровадження систем моніторингу та предиктивної аналітики на базі IoT-технологій. Постійний збір даних про роботу вузлів системи дозволяє виявляти мікровитоки холодоагенту та відхилення в роботі клапанів на ранніх стадіях, запобігаючи аварійним зупинкам та перевитратам енергії. Завдяки такому інтегрованому підходу, окупність інвестицій у високоефективне обладнання досягається в межах 3–4 років за рахунок економії на енергоносіях та відсутності екологічних податків на синтетичні фреони.

Отже, сучасна система холодопостачання торговельного підприємства має бути не ізольованим технічним вузлом, а гнучким енергетичним центром, що забезпечує максимальну цінність при мінімальному впливі на довкілля, закладаючи фундамент для сталого розвитку ритейлу в майбутньому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні установки: підручник. 6-те вид., перероб. та доп. Одеса: Пальміра, 2006. 552 с.

2. Лабай В. Й. Тепломасообмін. Львів: Тріада плюс, 2004. 260 с.

УДК 641.78:664

ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ АВТОНОМНОЇ СТАНЦІЇ ГІДРАТАЦІЇ З ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИМ ХОЛОДИЛЬНИМ КОНТУРОМ

Гуць О. О., студент, e-mail: papelats@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Якушенко Є. М.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні виклики, пов'язані з глобальними кліматичними змінами та необхідністю забезпечення сталого доступу до якісних ресурсів, зумовлюють актуальність розробки локальних автономних систем життєзабезпечення, серед яких особливе місце посідають станції гідратації. Конструкція автономної станції гідратації базується на комплексному підході до інтеграції холодильної техніки, систем фільтрації та відновлювальних джерел енергії, що дозволяє забезпечити споживачів охолодженою питною водою у місцях з обмеженим доступом до централізованих мереж.

Новизна конструкції полягає в оптимізації парокомпресійного холодильного циклу для роботи в умовах змінного теплового навантаження та обмеженого енергоспоживання. Основним елементом станції є холодильний контур, спроектований на базі герметичного поршневого або інверторного компресора, адаптованого для роботи з екологічно безпечними холодоагентами, такими як R290 (пропан) або R600a, що мають низький потенціал глобального потепління. Вибір робочої речовини обумовлений не лише екологічними стандартами, а й термодинамічними характеристиками, які дозволяють досягти високого коефіцієнта трансформації енергії (COP) навіть при високих температурах навколишнього середовища. Конденсатор повітряного охолодження розрахований з урахуванням інтенсифікації теплообміну через використання мікроканальних технологій, що дозволяє зменшити масогабаритні показники установки та заправку холодоагентом. Випарник, інтегрований безпосередньо в бак-акумулятор або виконаний у вигляді пластинчастого теплообмінника типу «вода-фреон», забезпечує ефективне охолодження питної води до цільової температури +8...+12 °C. Особлива увага в проекті приділена гідравлічному контуру та системі водопідготовки, яка включає багатоступеневу фільтрацію (механічне очищення, сорбція на активованому вугіллі та ультрафіолетове знезараження), що гарантує відповідність води санітарно-гігієнічним нормам. Для забезпечення повної автономності система оснащена масивом фотоелектричних панелей та блоком літій-залізо-фосфатних акумуляторів (LiFePO4), які мають тривалий життєвий цикл та стабільність при глибоких розрядах. Система керування на базі мікроконтролера реалізує алгоритми інтелектуального енергоменеджменту, що включають пріоритетність охолодження в періоди пікової сонячної активності (акумуляція холоду) та перехід у режим енергозбереження при низькому рівні заряду АКБ. Крім того, конструкція станції передбачає використання високоякісної термоізоляції з пінополіуретану або вакуумних панелей для мінімізації теплопритоків з навколишнього середовища до охолодженого об'єму води. Ергономічний дизайн корпусу, виготовленого з корозійностійких матеріалів, забезпечує довговічність експлуатації в умовах відкритого простору.

Упровадження таких автономних станцій дозволить не лише покращити культуру споживання води в міському та рекреаційному середовищах, а й значно скоротити використання пластикової тари, сприяючи декарбонізації економіки. Розрахунки показують, що оптимізація режимів роботи холодильної машини дозволяє знизити питоме енергоспоживання на охолодження одного літра води на 15-20% порівняно з існуючими аналогами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні установки: підручник. 6-те вид., перероб. та доп. Одеса: Пальміра, 2006. 552 с.
2. Лабай В. Й. Тепломасообмін. Львів: Тріада плюс, 2004. 260 с.
3. Мандрус В. І. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Л.: Магнолія, 2007. 340 с.

УДК 725.211.1:621.565

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СИСТЕМАХ ДИСТАНЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ РОБОТИ СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Єрмоленко О. В., здобувачка, e-mail: mnix.aleksandra@gmail.com
Єрмоленко Є. М., фахівець, e-mail: egorermolenko30@gmail.com
Науковий керівник – доц. Петренко О. В.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних системах холодопостачання важливе значення має контроль основних робочих параметрів, зокрема температури, тиску, режимів роботи компресорно-конденсаторних установок і теплообмінного обладнання. Для оцінки ефективності роботи враховуються перегрів холодоагенту, тиск всмоктування та нагнітання, а також процеси відтаювання. Стабільність цих показників визначає надійність та ефективність функціонування системи [1].

Системи дистанційного моніторингу дозволяють отримувати інформацію про стан обладнання в реальному часі, виявляти відхилення від заданих режимів та накопичувати дані для аналізу. Вони також забезпечують можливість віддаленого коригування параметрів роботи, що дозволяє оперативно реагувати на зміну умов експлуатації та підвищувати ефективність системи.

Традиційні системи моніторингу виконують переважно функції збору та передачі інформації, що обмежує їх можливості щодо аналізу стану системи. У зв’язку з цим актуальним є застосування штучного інтелекту, який дозволяє аналізувати параметри, виявляти аномальні режими та прогнозувати несправності обладнання [2].

Використання методів штучного інтелекту дає можливість виявляти несправності на ранніх стадіях їх розвитку, що особливо важливо для холодильних систем, де відхилення параметрів може призвести до порушення температурного режиму та втрати якості продукції. Аналіз даних дозволяє виявляти ознаки погіршення роботи обладнання до аварійних ситуацій, зменшуючи простої та витрати [2].

Інтелектуальна діагностика базується на аналізі взаємозв’язків між параметрами роботи системи, що дозволяє більш точно визначати причини відхилень та підвищувати ефективність діагностики [3].

Серед сучасних напрямів розвитку також розглядається створення цифрових моделей (цифрових двійників) холодильних систем, що формуються на основі реальних експлуатаційних даних і дозволяють прогнозувати зміну параметрів та оптимізувати режими роботи. У поєднанні систем моніторингу з методами штучного інтелектуального аналізу це забезпечить надійність та продуктивність роботи холодильного обладнання.

Отже, поєднання дистанційного моніторингу та методів штучного інтелекту є перспективним напрямом розвитку систем холодопостачання. Використання таких технологій дозволяє підвищити точність діагностики, зменшити аварійність, знизити втрати продукції, оптимізувати енергоспоживання та підвищити надійність роботи обладнання[1–3].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бараненко М. М. Автоматизація холодильної установки / М. М. Бараненко. – Переяслав, 2025. – С. 99–101.

2. Data-Driven Detection and Prediction of Refrigeration Equipment Failures Using Rough Sets Theory and the Internet of Things / Z. Kokosiński, P. Szydłowski, B. Kozłowski. – Processes, 2025.

3. An Intelligent Fault Detection and Diagnosis Model for Refrigeration Systems / Z.-C. Wang, S.-C. Wang, D. Li, Z.-W. Cao, Y.-L. He. – International Journal of Refrigeration, 2024.

УДК 697.91.94.97

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНИХ УСТАНОВОК

Жихарєва Н. В., к.т.н., доцент, e-mail: zhikhareva.nata@gmail.com
Єфремов І. Ю., студент магістр, e-mail: ihoryef@gmail.com
Одеський національний технологічний університет

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю забезпечення ефективного повітрообміну в громадських, освітніх та виробничих будівлях, де існуючі системи вентиляції часто є морально застарілими або відсутніми. Недостатній повітрообмін призводить до погіршення мікроклімату, зниження рівня комфорту та негативного впливу на здоров'я людей. Одночасно з цим актуальним є питання зниження енергоспоживання систем вентиляції та кондиціонування повітря, які є одними з найбільш енергоємних інженерних систем будівель.

Одним із найбільш ефективних напрямів підвищення енергоефективності HVAC-систем є використання теплоутилізаційних установок, які дозволяють використовувати теплоту витяжного повітря для обробки припливного. Це дає змогу значно зменшити витрати енергії на нагрівання або охолодження зовнішнього повітря. За різними оцінками, впровадження систем теплоутилізації дозволяє досягти економії енергії на рівні 30–70 %, а в окремих випадках — до 90 % при використанні схем рециркуляції.

У роботі проаналізовано основні методи та технічні рішення утилізації тепла в системах вентиляції та кондиціювання повітря. До них належать: системи з проміжним теплоносієм (Twinvent), пластинчасті рекуператори (Directvent), теплообмінники на теплових трубах (Heatvent) та роторні теплообмінники (Rotorvent).

Системи типу Twinvent передбачають використання двох теплообмінників, з'єднаних контуром із проміжним теплоносієм, як правило водним розчином етиленгліколю. Основною перевагою таких систем є можливість передачі теплоти між потоками повітря, які просторово рознесені або не можуть бути безпосередньо з'єднані. Це особливо актуально для реконструкції існуючих будівель. Однак додатковий тепловий опір проміжного теплоносія знижує загальну ефективність системи, яка зазвичай становить 40–45 %.

Пластинчасті теплообмінники (Directvent) є одним із найпоширеніших рішень завдяки простоті конструкції, надійності та відносно низькій вартості. У таких теплообмінниках тепло передається через тонкі стінки каналів, сформованих чергуванням плоских і гофрованих алюмінієвих пластин. Потоки припливного і витяжного повітря рухаються роздільно, що виключає їх змішування. Ефективність таких теплообмінників зазвичай знаходиться в межах 40–60 %.

Теплообмінники на теплових трубах (Heatvent) використовують фазовий перехід теплоносія для передачі теплоти. Завдяки цьому досягається більш інтенсивний теплообмін у порівнянні з традиційними рекуператорами. Такі системи ефективні в певних температурних діапазонах і забезпечують коефіцієнт утилізації на рівні 55–75 %.

Найбільш ефективними серед розглянутих є роторні теплообмінники (Rotorvent), ефективність яких досягає 80–90 %. Високі показники зумовлені великою площею теплообмінної поверхні та організацією протитечійного руху повітряних потоків. Конструктивно ротор являє собою обертовий барабан, сформований із тонких алюмінієвих листів (товщиною 70–100 мкм), що утворюють велику кількість каналів. Товщина ротора зазвичай становить 200–250 мм, а швидкість обертання — від 0,75 до 12 об/хв.

Окрему групу становлять ентальпійні ротори, поверхня яких покрита гігроскопічним матеріалом. Вони забезпечують не лише теплообмін, але й передачу вологи між потоками повітря, що особливо важливо в умовах підвищеної вологості або при необхідності осушення

повітря. Використання таких роторів дозволяє підвищити загальну енергоефективність системи та зменшити навантаження на холодильне обладнання.

У процесі експлуатації роторних теплообмінників можливе часткове перетікання витяжного повітря в припливний потік, що є небажаним з точки зору санітарних вимог. Для запобігання цьому застосовуються спеціальні очищувальні секції (purge-секції), які дозволяють обмежити перетікання до рівня не більше 0,04 % від об'ємної витрати повітря.

Аналіз процесів тепло- і масообміну показує, що в негігроскопічних теплообмінниках у холодний період відбувається нагрівання припливного повітря при постійному вмісті вологи, тоді як у теплий період — його охолодження без зміни вологості. У гігроскопічних теплообмінниках одночасно реалізуються процеси тепло- та вологообміну, що дозволяє більш точно підтримувати параметри мікроклімату.

Особливу увагу приділено комбінованим енергозберігаючим схемам, зокрема двороторним установкам, які поєднують процеси теплоутилізації та непрямого випарного охолодження. У таких системах один ротор працює як теплоутилізатор, а інший — як осушувач. У помірному кліматі подібні установки можуть ефективно функціонувати з мінімальним використанням традиційних холодильних машин, що суттєво знижує енергоспоживання.

Для умов жаркого та вологого клімату ефективність непрямого випарного охолодження знижується, тому доцільним є використання додаткових повітроохолоджувачів та осушувальних пристроїв. Перспективним напрямом є також інтеграція теплоутилізаційних систем із відновлюваними джерелами енергії, зокрема використання сонячної енергії для регенерації сорбційних матеріалів в ентальпійних роторах. Для цього достатньою є температура на рівні близько 70 °C, що робить такі системи технічно та економічно доцільними.

Отримані результати свідчать, що впровадження теплоутилізаційних установок є ефективним засобом підвищення енергоефективності систем кондиціювання повітря. Найбільш перспективними є роторні та ентальпійні теплообмінники, які забезпечують високі показники утилізації тепла та можливість комплексного регулювання параметрів повітря. Використання комбінованих схем і відновлюваних джерел енергії відкриває додаткові можливості для зниження енергоспоживання та підвищення екологічності інженерних систем будівель.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жихарева Н. Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестаціонарних умовах: монографія / Одеський національний технологічний університет, кафедра холодильної техніки та кондиціонування повітря. Одеса: ТЕС, 2022. 264 с.

2. Жихарєва Н., Хмельнюк М. Термоекономічна модель системи кондиціонування. Енергетика та системи управління. 2019. Том 5, № 2. С. 66–74. https://doi.org/10.23939/jeecs2019.02.066

3. Жихарєва Н. В., Хмельнюк М. Г. (2016) Математичне моделювання нестаціонарного теплообміну будівель. Холодильна техніка та технологія, 52 (6), с. 75–79. DOI: http://dx.doi.org/10.15673/ret.v52i6.479

4. Жихарєва Н., Хмельнюк М. (2017) Оптимізація витрат на термозахист будівель та кондиціонування повітря в цілому. Холодильна техніка та технологія, 53(4), с. 17-20. DOI: http://dx.doi.org/10.15673/ret.v53i4.706

УДК 697.94:621.565

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ ГРОМАДСЬКИХ БАСЕЙНІВ ІЗ ПІДВИЩЕНОЮ ФІЛЬТРАЦІЄЮ

Жихарєва Н. В., к.т.н., доцент, e-mail:, zhikhareva.nata@gmail.com
Моісєєв В. О., аспірант, e-mail: Vladmays2105@gmail.com
Одеський національний технологічний університет

Система кондиціювання басейну є одним з центральних елементів будь-якої споруди басейну. Довговічність споруди, надійність і максимальна можливість використання басейну залежить від того, наскільки грамотно пропрацювала вентиляція, очищення і кондиціювання басейну. Кондиціювання повітря басейну забезпечує важливі для правильного функціонування параметри: комфортну температуру; потрібну вологість; швидкість руху повітряних потоків; якісний склад повітря [1, 2].

Метою досліджень є дослідження особливостей формування енергоефективного мікроклімату басейнів з врахуванням підвищеної фільтрації і рівномірному розподілі повітря.

При проєктуванні системи кондиціювання басейну важливим початковим елементом для будь-якого проектанта є підвищена вологість [3]. Головний параметр, що відповідає за комфортне самопочуття в басейні, це – температура води. Температура повітря в басейні повинна бути на 1–2 °С вище температури води. Пояснюється це тим, що при випаровуванні вологи з поверхні шкіри людини відбувається додаткове відведення тепла і виникає відчуття холоду, як за дуже низької температури повітря в приміщенні.

Для підтримки комфортних умов і розумного рівня випаровування води вологість в приміщенні басейну повинна складати 50–60 %. Створення мікроклімату в приміщенні з басейном є одним з найбільш складних завдань при розробці і реалізації системи кондиціювання будинку.

Крім того, забезпеченість відсутність конденсату на стінах і вікнах має велике значення. Запобігання випаданню конденсату на обгороджування за рахунок збільшення термічного опору стін і вікон.

Зменшення теплопроникності огороджень приміщення призводить одночасно до двох позитивних ефектів: зниженню витрат енергії підтримки заданої температури в приміщенні з басейном (температура 28 °С, що рекомендується) і запобіганню випаданню конденсату на стеклах вікон і стінах при дотриманні відповідних тепловологісних параметрів повітря. Реалізація інноваційних технологій пов’язана зі створенням штучного мікроклімату приміщень, тобто забезпечення і підтримання необхідних параметрів повітряного середовища, на що щорічно витрачається понад 30 % енергоресурсів, отриманих в країні.

При підвищеній вологості ефективними є осушувачі повітря з інтегрованими системами фільтрації, що поєднують вугільні та HEPA-фільтри, а також механічні та фотокаталітичні фільтри. Для систем стисненого повітря використовуються сепаратори-вологовідділювачі та адсорбційні фільтри для видалення конденсату та летких сполук.

Особливістю проєктування систем кондиціювання повітря басейну є дослідження точки роси. Якщо температура точки роси у зовнішнього повітря нижче, ніж повітря у басейні, це допомагає знизити вологість. Якщо температура точки роси зовнішнього повітря вище, приплив зовнішнього повітря збільшує навантаження на осушувач. Температура точки роси визначалася за емпіричною формулою [4].

$$t_p = \frac{233{,}77\ln\left(\frac{101 d_в}{622 + d_в}\right) + 115.22}{16.57 - 0.997\ln\left(\frac{101^* d_в}{622 + d}\right)}. \quad (1)$$

Найголовнішим етапом розрахунку кліматичних систем басейнів є визначення повітрообміну, для чого потрібно знати вологовиділення та організувати повітрообмін без застійних зон.

Повітрообмін для різних періодів року схильний значної зміни через різке збільшення градієнта перепаду вологовмісту внутрішнього і зовнішнього повітря в холодний період року порівняно з теплим періодом. З урахуванням зазначеної особливості, максимальне кількість припливного повітря потрібно в теплий період року. Природно, подавати таку кількість зовнішнього повітря в холодний період року нераціонально, оскільки це призводить до значних перевитрат тепла на його нагрівання і до різкого зниження вологості внутрішнього повітря.

Зниження холодопродуктивності можна також досягти, застосовуючи осушувачі повітря та встановлюючи їх по периметру огороджувальних конструкцій. При цьому осушувачі повітря рекомендується застосовувати в малих і середніх за обсягом басейнах при дефіциті енергозабезпечення для систем вентиляції.

У теплий період року необхідно проводити перевірку повітрообміну, розрахованого по волозі, на теплонадлишки і при техніко-економічної доцільності знижувати повітрообмін за рахунок застосування установок охолодження повітря [1, 2].

У холодний період року з метою економії тепла на підігрів вентиляційного повітря, можуть застосуються установки, що утилізують теплоту викидного повітря. Для приміщень басейнів рекомендується застосовувати рекуперативні теплоутилізатори безпосередньої дії і з проміжним теплоносієм.

Проведені дослідження показали, що для запобігання випадання конденсату на стінах і вікнах приміщення з басейном необхідно осушення повітря. Забезпечити відносну вологість повітря в басейні можливо, застосовуючи спеціальні осушувачі. Особливість систем кондиціювання повітря в басейнах є фільтрація повітря та рівномірний розподіл повітря для того щоб не було застійних зон. Нами показано, що більшу частину холодного періоду можна сушити повітря в приміщенні з басейном, використовуючи загальнообмінну припливно-витяжну систему кондиціювання повітря. Показано, що додаткові витрати на збільшення термічного опору в зимовий час і зниження загальної пропускної здатності сонячної радіації в літній час є важливими енергозберігаючими заходами і окупаються за короткий термін, як правило, не більше 2–3 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жихарєва Н. В. Інноваційні технології кондиціювання повітря в нестаціонарних умовах: монографія / ОНТУ. Одеса: ТЕС, 2022. 264 с.

2. Джеджула В. В. Забезпечення енергоефективного мікроклімату плавальних басейнів. *СучТехнБудів*. 2019. Вип. 26(1). С. 147–152.

3. Жихарєва Н. В., Бабой Є. О., Талибли Р. Е., Жихарєва Н. О. Шляхи підвищення енергоефективності систем кондиціювання повітря в басейні. *Холодильна техніка і технологія*. 2017. № 53(5). С. 47–51.

4. Жихарева Н. В. Методика розрахунку систем кондиціювання повітря басейнів. *Холодильна техніка і технологія*. 2015. № 4. С. 12–16.

УДК 621.564:504.06

АМІАК ЯК ХОЛОДОАГЕНТ: КРАЩИЙ ВИБІР ДЛЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ В ПРОМИСЛОВОМУ ХОЛОДИЛЬНОМУ ОБЛАДНАННІ

Заяць М. О., e-mail: Maksym.Zayats@gmail.com
Науковий керівник – проф. Семенюк Д. П.
Державний біотехнологічний університет

Аміак використовується як холодоагент у промислових холодильних системах, зважаючи на його переваги, якими він володіє перед іншими холодоагентами. Аміак (NH3) має кілька переваг над азотом (N2).

Аміак (хімічна формула NH3) – це газ, що складається з двох інших газів – азоту та водню. Незалежно від того, чи зустрічається він у природі, чи виробляється людиною, аміак безбарвний, але має різкий, їдкий запах. Аміак, який часто використовується в комерційних цілях у великих морозильних та холодильних установках, також називають «безводним аміаком», оскільки він майже не містить води (його чистота становить 99,98 %). Фізичні властивості аміаку включають низьку температуру кипіння (–33,34 °C).

Аміак як холодоагент має набагато вищу охолоджувальну здатність, ніж азот. Він може поглинати та виділяти більше тепла на одиницю маси, що робить його ефективнішим у теплопередачі та охолодженні великих об'ємів повітря або рідини. Завдяки своїй вищій охолоджувальній здатності, аміак може досягати нижчих температур з меншим споживанням енергії порівняно з азотом. Це може призвести до більш ефективної роботи та зниження витрат на енергію для холодильної системи.

Одна з найбільш вражаючих переваг аміаку над азотом полягає в його економічному ефекті. Хоча витрати, пов'язані з азотом як витратним матеріалом, як правило, значно високі, що збільшує виробничі витрати, аміак є більш економічно ефективною альтернативою. Це значною мірою пояснюється тим, що аміачні системи працюють у замкнутому циклі, а це означає, що під час процесу охолодження фактичного споживання аміаку немає.

Крім того, доступність аміаку та його відносно низька вартість роблять його економічно привабливим варіантом для багатьох промислових застосувань.

Аміак сумісний з широким спектром конструкційних матеріалів, що зазвичай використовуються в холодильних системах, таких як вуглецева сталь, нержавіюча сталь. Це спрощує проектування та виробництво холодильного обладнання та знижує довгострокові витрати на обслуговування.

Хоча аміак має вищий потенціал глобального потепління (ПГП), ніж азот, він вважається більш екологічно чистим холодоагентом порівняно з багатьма іншими синтетичними холодоагентами. Він має нульовий потенціал руйнування озонового шару (ODP) та низький потенціал глобального потепління (GWP), що робить його більш екологічно сталим варіантом.

Аміак отруйний у високих концентраціях. Однак два фактори зменшують цей ризик: характерний запах аміаку відчувається при концентраціях, значно нижчих за ті, що вважаються небезпечними, а аміак легший за повітря, тому, якщо якийсь витік все ж таки відбудеться, він підніметься вгору та розсіється в атмосфері.

Таким чином, аміак є винятковим варіантом у галузі промислового охолодження завдяки своїй видатній холодопродуктивності, енергоефективності, доступності та сумісності з різними матеріалами і буде знаходити все більш широке застосування в холодильному та морозильному обладнанні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 40Palinox. Офіційна сторінка. URL: https://surl.li/frpwnf.
2. Фармацевтична фабрика Віола. Аміак: застосування, властивості і безпека використання. Офіційна сторінка. URL: https://surl.li/fnochb.

УДК 621.57.04:621.565.3

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ

Книш С. М., e-mail: Serhiy.Knysh@gmail.com
Науковий керівник – проф. Семенюк Д. П.
Державний біотехнологічний університет

Однією з особливостей, промислового обладнання для заморожування, серед інших, що мають велике значення, є повітропровідність.

На фірмі PALINOX (Данія) розробили інноваційну систему повітроводів, ідеально спроєктовану для досягнення максимальної продуктивності продукту. Цього досягають за допомогою методів моделювання повітряних потоків та розрахунків теплопередачі. Це нове покоління лінійного морозильного обладнання для заморожування за рахунок індивідуального заморожування (IQF), для досягнення вищої продуктивності та ефективності в процесах глибокого заморожування. Таким чином, вдалося створити замкнутий контур, де максимальна поверхня тертя досягається як зверху, так і знизу продукту. Це пришвидшує процес заморожування продукту, а також дозволяє температурі діяти швидше, швидше досягаючи серцевини шматка продукту (рис. 1).

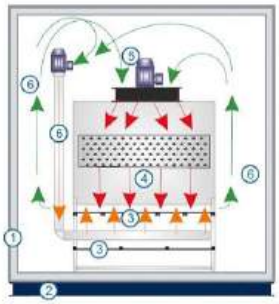


Рисунок 1 – Загальний вигляд системи: 1 – ізотермічний контейнер; 2 – рама; 3 – стрічковий конвеєр; 4 – випарник; 5 – осьовий вентилятор; 6 – ченнелінг

Циклон. Це компактний лінійний тунель, оснащений новими технологіями з матеріалів, які мають високу стійкість до впливу факторів навколишнього середовища, що зустрічаються в виробничих приміщеннях. Він також ергономічний, простий в установці та експлуатації. Індивідуальна потужність розраховується для кожної потреби. Окрім ефективності заморожування, інтелектуальна система повітряних каналів дозволяє передавати енергію охолодження продукту з мінімальними вимогами та в найкоротші терміни.

Торнадо. Дане обладнання дозволяє заморожувати за допомогою примусового потоку повітря обсягами від 1500 кг до 2500 кг/год у форматі IQF або лотка вагою 2 кг. Як і система Cyclone, ця конструкція Tornado оснащена вдосконаленою технологією подвійного потоку повітря, щоб досягти середини продукту за найкоротший термін.

Storm-Pro. Це надшвидкісний статичний модульний морозильний тунель із примусовою циркуляцією повітря, виготовлений з матеріалів з високою стійкістю до впливу факторів навколишнього середовища, що знаходяться в виробничих приміщеннях. Оснащений потужністю, належним чином розрахованою та підібраною відповідно до потреб кожної ситуації, він включає випарний змійовик з трубки з нержавіючої сталі та компактні алюмінієві ребра з ланцюгом спіральних вентиляторів.

Спіроблох. Це компактний спіральний морозильний тунель, оснащений новими технологіями та матеріалами, стійкими до впливу факторів навколишнього середовища, що зустрічаються в виробничих приміщеннях. Ергономічний, простий в установці та експлуатації, з основними робочими функціями.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 40Palinox. Офіційна сторінка. URL: https://surl.li/frpwnf.

УДК 621.565:620.92

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ БІНАРНОГО ЛЬОДУ ЯК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ХОЛОДОНОСІЯ В СИСТЕМАХ ОХОЛОДЖЕННЯ ТА КОНДИЦІЮВАННЯ

Костюченко Є. О., магістрант, e-mail: exgexa02@gmil.com
Науковий керівник – доцент Петренко О. В.
Державний біотехнологічний університет

Посилення глобального парникового ефекту та сучасні вимоги щодо енергозбереження стимулюють пошук інноваційних вторинних холодоагентів. Одним із найбільш перспективних рішень є використання бінарного льоду (ice-slurry) – фазозмінної суміші, що поєднує властивості рідкого холодоносія та високу акумулюючу здатність льоду [1].

Об’єктом дослідження є теплофізичні властивості та методи генерації бінарного льоду. Методологія базується на аналізі фазових переходів водних розчинів із депресантами точки замерзання та порівнянні енергетичної ефективності різних типів холодоносіїв.

Бінарний лід складається з чистої води, мікрокристалів льоду та депресанта (хлорид натрію, етанол, етиленгліколь або пропіленгліколь), який запобігає утворенню великих конгломератів. Головною технологічною перевагою бінарного льоду є використання прихованої теплоти плавлення льоду (λ= 334 кДж/кг). Це дозволяє переносити в 5–10 разів більше енергії на одиницю маси порівняно зі звичайною водою [2, 3].

Використання бінарного льоду дозволяє нівелювати основний недолік традиційних однофазних холодоносіїв – низьку питому теплоємність. Оскільки при таненні мікрокристалів поглинається значна кількість теплоти, температурний напір у теплообмінних апаратах залишається стабільним протягом усього процесу фазового переходу. Це критично важливо для харчових технологій, де стабільність температури безпосередньо впливає на якість продукції.

Порівняльний аналіз показав, що при однаковій холодопродуктивності об’ємна витрата бінарного льоду є в 5–7 разів меншою, ніж у води з температурою +2 °С. Це дозволяє використовувати трубопроводи меншого діаметра, що знижує капітальні витрати на ізоляцію та монтаж систем холодопостачання.

Завдяки дрібнокристалічній структурі бінарний лід забезпечує інтенсивний теплообмін. Важливим аспектом є можливість акумулювання енергії: ice-slurry доцільно виробляти в періоди позапікового навантаження (вночі), коли вартість електроенергії в 2–3 рази нижча, а використовувати в денні піки [2, 3].

Впровадження систем із накопиченням бінарного льоду в баках-акумуляторах дозволяє змістити основне енергонавантаження на нічний час. Враховуючи диференційовані тарифи на електроенергію, термін окупності таких систем у промисловому секторі становить від 2,5 до 4 років, залежно від потужності об’єкта.

На сьогодні розрізняють п’ять основних методів виробництва льодової суспензії: шкребіння льоду з поверхні генератора (scraped surface); переохолодження (supercooling); вакуум; псевдозріджений шар; метод прямого контакту. Для досягнення максимального енергозбереження критичним є вибір методу з найвищим коефіцієнтом генерації при мінімальних витратах енергії на привід механічних частин (наприклад, шкребків).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ткач М. Р. Акумулювання холоду : навч. посібник. Миколаїв: НУК, 2007. 132 с.

2. Kauffeld M., Wang M. J., Goldstein V., Kasza K. E. Ice Slurry Applications. *International Journal of Refrigeration*. 2010. Vol. 33. P. 1491–1505.

3. Rivet P. Ice Slurry: a promising technology. *Bulletin of the IIR*. 2004. No 2004-4.

УДК 621.56

КЕРУВАННЯ МАСЛОМ У ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВКАХ НА R744

Кушнір В. О., аспірант, e-mail: kushnir.uni@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Яковлева О. Ю.
Одеський національний технологічний університет

Холодильні установки на діоксиді вуглецю (R744) працюють за високих тисків і характеризуються підвищеним виносом масла з компресора [1], тому підсистема керування маслом безпосередньо визначає ресурс компресорів та енергоефективність установки. Масло виконує дві основні функції: змащує механічні вузли та охолоджує електродвигун компресора. Частина масла виноситься в контур разом із холодоагентом, що спричиняє дефіцит масла в картері, засмічення арматури та погіршення теплообміну у випарнику [2]. Це пов'язано з тим, що в системі формується двофазний потік холодоагенту та масла: *"the two-phase mixture of oil and refrigerant flows from the separator towards the back pressure chamber and … towards the compressor suction side"* [2].

Типова система курування маслом містить масловідділювач, фільтр, електромагнітний клапан, масляний ресивер, колектор і регулятори рівня. Масловідділювач зменшує циркуляцію масла, але не усуває її повністю, тому ресивер має працювати як буфер, а подача масла до компресора забезпечується перепадом тиску ΔP:

$$\Delta P = P_{res} - P_{suc}, \tag{1}$$

де P_{res} – тиск у ресивері, P_{suc} – тиск на всмоктуванні компресора. Для таких систем характерні значення ΔP 1,5-5 бар.

Ключовою особливістю R744-холодильних систем є підвищений коефіцієнт виносу масла [1]. Для спіральних компресорів на R744, ODR близько 9,5 %, тоді як для напівгерметичних поршневих компресорів ODR близько 3 %. Це означає необхідність застосування ефективніших масловідділювачів, більших ресиверів і точнішого розрахунку ліній повернення. Накопичення масла у випарнику є критичним, оскільки за концентрацій понад 3 % формується теплоізолювальна плівка [2], що знижує ефективний коефіцієнт теплопередачі. Узагальнено цей ефект можна подати залежністю:

$$k_{eff} = \frac{1}{\frac{1}{k_{eff}} + R_{oil}} \tag{2}$$

де R_{oil} – додатковий термічний опір масляної плівки, ефективний коефіцієнт теплопередачі k_{eff}.

Для вибору об'єму ресивера, визначається:

$$V_{res} = (V_{lines} + V_{sys} + V_{comp}) \cdot SF \ , \tag{3}$$

де SF = 1,25-1,5.

На режимах часткового навантаження швидкість потоку зменшується, тому зростає ризик накопичення масла у теплообмінниках та трубопроводах. Як результат, забезпечення енергоефективності холодильних установок на R744 вимагає ефективної сепарації масла, стабільного перепаду тиску, правильного вибору масел PAG або POE, контролю вологості та реалізації заходів для надійного повернення масла при часткових навантаженнях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Javerschek O. Commercial refrigeration systems with CO_2 as refrigerant. *8th IIR Gustav Lorentzen Conference on Natural Working Fluids*. Copenhagen: International Institute of Refrigeration, 2008.

2. Stevanovic V. D., Petrovic M. M., Cucuz S., Milivojevic S., Ilic M. Numerical prediction of refrigerant oil two-phase flow from scroll compressor discharge to the suction side via back pressure chamber. *Processes*. 2024. Vol. 12, No. 1. Article 6. DOI: 10.3390/pr12010006.

УДК 664.8.037.5 : 621.565 : 664.6/.7

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СПІРАЛЬНИХ ШВИДКОМОРОЗИЛЬНИХ АПАРАТІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЛІНІЯХ ВИРОБНИЦТВА МЛИНЦІВ ІЗ НАЧИНКОЮ

Лисицький В. В., здобувач, e-mail: lisickijvladvitalevic@gmail.com
Наукові керівники: доц. Петренко О. В., проф. Білецький Е. В.
Державний біотехнологічний університет

На сучасному етапі успішна маркетингова стратегія виробників харчової продукції залежить від оптимізації вибору технологічних ліній. У сегменті заморожених напівфабрикатів особливу популярність здобули млинці з начинкою, що спонукає підприємства до активного впровадження високоточних технологічних рішень. Ключовим завданням інженерів є підбір обладнання, здатного відтворити ефект «домашнього приготування» при промислових масштабах виробництва, зберігаючи ідеальну пропорцію ніжного тіста та соковитої начинки [1, 2].

Об’єктом дослідження є технологічний цикл виробництва заморожених млинців, що включає етапи випікання на автоматизованих лініях та термічну обробку в системах шокової заморозки. Методологія базується на аналізі динамічних параметрів середовища та розрахунку характеристик спіральних швидкоморозильних апаратів для забезпечення температури -18...-25 °С у центрі виробу.

Оптимальним рішенням для модернізації потужностей є впровадження автоматизованих потокових ліній, що інтегрують випікання, дозування та формування виробу в єдиний цикл. Однак критичним аспектом залишається інтенсифікація відведення теплоти. Встановлено, що застосування спіральних швидкоморозильних апаратів є найбільш ефективним у порівнянні з іншими швидкоморозильними апаратами.

Стратегія вибору швидкоморозильного апарату базувалася на комплексному врахуванні фізико-хімічних властивостей млинців (чутливість структури тіста, необхідність збереження герметичності начинки) та техніко-економічних показників експлуатації.

Спіральні апарати дозволяють раціонально використовувати виробничі площі завдяки вертикально-орієнтованому компонуванню конвеєра. Головною технологічною перевагою є мінімізація процесів рекристалізації льоду. Швидке проходження зони кристалізації забезпечує дрібнокристалічну структуру, що запобігає руйнуванню клітинних мембран продукту та зберігає його органолептичні показники [3].

Інтенсифікація тепловіддачі у спіральному апараті дозволяє досягти повної інактивації мікрофлори та припинення ферментативних процесів, що гарантує високу мікробіологічну стабільність напівфабрикатів протягом усього терміну придатності [4].

Упровадження даного рішення дозволяє безперешкодно інтегрувати холодильний модуль у повністю автоматизовану лінію, забезпечуючи високу питому продуктивність на одиницю виробничої площі цеху та гарантуючи стабільну якість готових виробів завдяки інтенсивному та рівномірному обдуванню продукції холодним повітрям.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильне обладнання: підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. Х.: Світ Книг, 2021. 633 с.

2. Аналіз ринку заморожених напівфабрикатів України. 2023–2025 рр.: аналіт. огляд / Pro-Consulting. URL: https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka (дата звернення: 23.03.2026).

3. Холодильні технології: навчальний посібник / В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, О.В. Дущак, В.І. Ємцев. Київ: НУХТ, 2022. 172 с.

4. Fellows P. Food Processing Technology – Principles and Practice. 2nd ed. Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2000.

УДК 641.78:664

ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОНОМНИХ МОДУЛЬНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТЕРМІЧНОГО ОБРОБЛЕННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ РИБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Манжос М. В., студент, e-mail: papelats@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Якушенко Є. М.
Державний біотехнологічний університет

Сучасний стан рибної промисловості вимагає радикального перегляду підходів до холодозабезпечення, оскільки традиційні стаціонарні об'єкти часто демонструють низьку адаптивність до логістичних змін та високу енергоємність. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю мінімізації втрат сировини, які за даними FAO можуть сягати 30 % через недосконаліть «холодильного ланцюга», а також жорсткими вимогами Регламенту (ЄС) № 517/2014 щодо поступового виведення з обігу фторвмісних парникових газів (F-газів). В основі пропонованого рішення лежить концепція контейнеризованого модуля, що дозволяє проводити первинне оброблення риби безпосередньо у місцях вилову, мінімізуючи час між вилученням з води та початком термічної стабілізації. Серцем системи є двоступенева холодильна установка, що працює на природному робочому тілі R744 (діоксид вуглецю). Вибір CO_2 обумовлений його високою питомою холодопродуктивністю та низьким показником GWP (Global Warming Potential), що робить систему екологічно безпечною та стійкою до майбутніх законодавчих обмежень.

Застосування систем з високою швидкістю циркуляції повітря та оптимізованою геометрією повітророзподільних пристроїв дозволяє досягти криоскопічних температур у центрі тушки риби за мінімальний проміжок часу, що критично важливо для запобігання росту мікрофлори та збереження текстури м’язової тканини. Математичне моделювання процесу охолодження базується на розв'язанні рівняння теплопровідності з граничними умовами третього роду, де коефіцієнт тепловіддачі оптимізується шляхом зміни параметрів роботи вентиляторів повітроохолоджувачів з частотним регулюванням. Енергетична ефективність комплексу підвищується за рахунок впровадження системи повної рекуперації теплоти конденсації. В умовах рибопереробного підприємства це тепло може бути використано для підігріву технологічної води або санітарних потреб, що дозволяє значно знизити загальне енергоспоживання об'єкта та підвищити його коефіцієнт корисної дії.

Важливим аспектом є впровадження інтелектуальної системи керування на базі алгоритмів машинного навчання, яка здатна прогнозувати необхідну холодопродуктивність залежно від обсягу завантаження, початкової температури продукту та прогнозів температури навколишнього середовища. Це дозволяє уникнути надмірної роботи компресорів у режимі частих пусків та зупинок, подовжуючи ресурс обладнання. Економічна доцільність підтверджується розрахунками вартості життєвого циклу (LCC), які демонструють, що попри вищі капітальні витрати на компоненти для CO_2, експлуатаційні витрати знижуються на 20–25 % порівняно з традиційними системами на R404A.

Таким чином, розроблений модульний комплекс є не лише інструментом для збереження якості харчової продукції, а й кроком до декарбонізації агропромислового сектору, забезпечуючи високу мобільність, енергонезалежність та відповідність принципам сталого розвитку. Дослідження спрямовані на інтеграцію в систему акумуляторів холоду на основі матеріалів з фазовим переходом (PCM) дозволять ще більше згладжувати пікові навантаження на електромережу та підвищити автономність модуля під час транспортування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бабіч М. О. Холодильна технологія риби та рибних продуктів : підручник / М. О. Бабіч. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 320 с.

2. New preservation technologies: Possibilities and limitations / F. Devlieghere et al. // International Dairy Journal. – 2004. – https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.07.002.

УДК 004.8:631.5:631.17

ШТУЧНИЙ ІНТЕЛЕКТ ДЛЯ КЛІМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ В РОСЛИННИЦТВІ. СИНТЕЗ ТОЧНОСТІ Й АДАПТИВНОСТІ

Пожидаєв О., здобувач освіти, e-mail: pozhidaev651@gmail.com
Науковий керівник – викл. Братчиков О.
ВСП «Харківський фаховий коледж харчової промисловості ДБТУ»

Сучасне рослинництво перебуває у стані глибокої трансформації, зумовленої необхідністю забезпечення продовольчої безпеки в умовах стрімкого зростання населення планети та, що не менш важливо, загострення проблем, пов’язаних із нестабільністю кліматичних умов. Традиційні методи управління мікрокліматом, які базуються на лінійних алгоритмах підтримки заданих параметрів, часто виявляються неефективними, оскільки не здатні враховувати складну, нелінійну динаміку біологічних об’єктів та їхню взаємодію з навколишнім середовищем. У цьому контексті, як зазначається в низці сучасних оглядових робіт, саме концепція «точного землеробства» (precision agriculture) набуває рис не просто бажаної, а критично необхідної парадигми розвитку галузі. Виникає закономірне питання: яким чином можна інтегрувати наявні технології збору даних із системами, здатними до самонавчання та прийняття оптимальних рішень у реальному часі? Потенційну відповідь на це запитання пропонують методи штучного інтелекту, зокрема глибокого навчання та нейромережевого моделювання.

Еволюція систем автоматизації закритого ґрунту пройшла тривалий шлях від класичних PID-регуляторів. Проте традиційні нечіткі системи обмежують здатність обладнання адаптуватися до динамічних змін фізіологічного стану рослин або різких кліматичних аномалій. Вирішенням стала розробка архітектури на основі гібридних нейро-нечітких мереж (ANFIS), які, згідно з концепціями української школи агрокібернетики під керівництвом В. І. Міщенка, поєднують здатність нейромереж до навчання на історичних даних із високою інтерпретованістю нечіткого виведення.

Практична апробація розробленої системи здійснювалася в промисловій теплиці площею 200 м², де розподілена мережа з 15 сенсорних вузлів проводила високочастотний моніторинг температури, вологості, концентрації CO_2 та рівня фотосинтетично активної радіації (ФАР) із частотою дискретизації 1 Гц.

Запропонований гібридний регулятор забезпечував прецизійне та узгоджене управління комплексом виконавчих механізмів: системою водяного опалення, автоматизованими кватирками, форсунками дрібнодисперсного туманоутворення та інтелектуальним світлодіодним досвічуванням. Порівняльний експеримент із вирощування салату сорту «Лолло Росса» продемонстрував беззаперечну перевагу ANFIS-системи над стандартними ПІД-регуляторами з релейними ланками, що проявилося у вищій точності підтримки заданих параметрів мікроклімату в умовах стохастичних зовнішніх впливів. Предиктивний характер алгоритмів дозволив не лише покращити біометричні показники, а й досягти значної оптимізації витрат електроенергії та води, що відповідає глобальним трендам сталого розвитку та ресурсоощадного агровиробництва.

Майбутній розвиток проєкту вбачається у переході до децентралізованих мультиагентних архітектур, де кожен окремий блок управління (температурний режим, вологість, газовий склад) виступатиме як автономний інтелектуальний агент, що координує свої дії для досягнення глобального технологічного оптимуму.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лисенко В. П., Міщенко В. І., Барановський О. М. Інтелектуальні системи управління в агропромисловому комплексі. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2021. 312 с.

2. Півоварчук В. Б., Ковальчук В. П. Моделювання мікроклімату теплиць з використанням нейромережевих технологій. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 5. С. 12–19.

УДК 641.78:664

КОМПЛЕКСНА ОПТИМІЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ ТА ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ШОКОВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ЖУРАВЛИНИ

Романенко Р. Ю., студент, e-mail: papelats@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Якушенко Є. М.
Державний біотехнологічний університет

Розвитку світової та вітчизняної харчової промисловості висуває безпрецедентні вимоги до технологій збереження біологічно активних речовин у ягідній сировині, де шокове заморожування займає домінуючу позицію завдяки здатності мінімізувати деструктивні зміни клітинної структури продукту. Проте висока енергоємність традиційних систем флюїдизаційного та тунельного типу вимагає переосмислення підходів до проектування холодильного обладнання через призму комплексної оптимізації як термодинамічного циклу, так і параметрів тепломасообміну безпосередньо в зоні контакту холодоагенту з об'єктом обробки.

Журавлина (Vaccinium oxycoccos) характеризується специфічними теплофізичними властивостями, зокрема наявністю щільної воскової шкірки та високим вмістом органічних кислот, що створює значний термічний опір та ускладнює процес відведення теплоти фазового переходу. В даному дослідженні розглядається перехід від стандартних одноступеневих циклів стиснення пари до вдосконалених схем з використанням природних холодоагентів, зокрема R744 (діоксид вуглецю), що дозволяє не лише підвищити екологічну безпеку, а й реалізувати транскритичні цикли з високою теплоємністю в аеродинамічних контурах охолодження.

Важливим аспектом оптимізації є встановлення раціональних значень швидкості руху повітряного потоку в морозильній камері, оскільки надмірне підвищення швидкості призводить до непропорційного зростання аеродинамічного опору та споживання електроенергії фанами, тоді як недостатня інтенсивність обдування спричиняє сповільнення росту кристалів льоду, що негативно впливає на консистенцію ягоди після дефростації. Встановлено, що застосування імпульсних режимів подачі холоду та зміна геометрії повітророзподільних пристроїв дозволяють досягти турбулізації пристінного шару повітря навколо кожної окремої ягоди, що інтенсифікує зовнішній теплообмін на 15–20 %.

Оптимізація холодильного циклу базується на аналізі ексергетичних втрат у компресорі та конденсаторі, де впровадження систем електронного регулювання ступеня перегріву пари на всмоктуванні дозволяє стабілізувати роботу випарника в умовах змінного теплового навантаження. Окрему увагу приділено питанню мінімізації масовіддачі (усушки) продукту, що є критичним для економічної ефективності виробництва; використання парів холодоагенту з високою відносною вологістю на початкових етапах заморожування дозволяє створити захисний мікрошар інею на поверхні журавлини, який діє як бар'єр для дифузії вологи з внутрішніх шарів ягоди.

Таким чином, оптимізації систем шокової заморозки гармонізує вимоги щодо якості харчових продуктів з глобальними трендами енергозбереження та екологічної відповідальності в галузі кліматичної техніки. Це відкриває широкі перспективи для масштабування технології на інші види дрібноплідної ягідної сировини, забезпечуючи високу конкурентоспроможність переробних підприємств на міжнародному ринку.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні установки: підручник. 6-те вид., перероб. та доп. Одеса: Пальміра, 2006. 552 с.
2. Лабай В. Й. Тепломасообмін. Львів: Тріада плюс, 2004. 260 с.
3. Мандрус В. І. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Л.: Магнолія, 2007. 340 с.

УДК 628.84:681.5

МОНІТОРИНГ СПЛІТ-СИСТЕМИ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ

Семернін В. В., e-mail: Volodymyr.Semernin@ukr.net
Науковий керівник – проф. Семенюк Д. П.
Державний біотехнологічний університет

Спліт-система як рішення для підтримки клімату має свої плюси та мінуси. До плюсів можна віднести невисоку ціну, широкий асортимент на ринку, відносну простоту та наявність персоналу, здатних обслужити та полагодити її практично у всіх великих містах. До мінусів насамперед належить побутовий характер обладнання. Максимум, що можна знайти у деяких виробників – це напівпрофесійні спліт-системи, які на перевірку від побутових відстоять не дуже далеко. А це означає, що рішення в такому обладнанні застосовані спрощені, полегшені, сервісний функціонал зведений до мінімуму, ремонтопридатність переважно великоблочна тощо. З погляду моніторингу – такі системи практично не бувають з інтерфейсами моніторингу.

Але зважаючи на важливість обладнання, спостерігати за ним необхідно. Способів вирішення цього завдання, як завжди, кілька.

Переважна більшість спліт-систем мають виведення основних аварійних сигналів на сухі контакти. Обсяг інформації невеликий, але це краще, ніж нічого.

Завжди важливо знати, працює в цю хвилину кондиціонер чи ні. І мати відповідну статистику. Якщо в спліт-системі відсутній контролер, зрозуміти це можна за допомогою моніторингу струму і споживаної потужності. Виміряти ці параметри можна у розподільній мережі, не торкаючись кондиціонера. Показання потужності підкажуть, чи працює обладнання та в якому режимі, показання струму будуть корисними при діагностиці несправностей. Корисно також розуміти, чи все гаразд у даний момент із напругою живлення пристрою. Інформація про струм та напругу дозволить виробити гіпотези для перевірки. Є напруга, але струм не тече – швидше за все вийшов з ладу сам кондиціонер, при цьому сигналу про аварію на сухі контакти він може не видати. Струм тече, але кондиціонер працює нестабільно – потрібно перевірити стабільність напруги живлення по фазах та його частоту. Спліт-системи, як правило, мають спеціальну систему відведення дренажу. Тому необхідно потурбуватися про моніторинг протікання з дренажної системи. Корисним буде також вимірювання температури повітря, що виходить із спліт-системи. Це дозволить виявити низку несправностей обладнання, які можуть виводитися на сухі контакти.

У системі моніторингу та диспетчеризації крім вимірювання параметрів передбачено ще й керування. З цієї точки зору спліт-системи не дуже добрі. Способи керування для них, як правило, зводяться до керування через емуляцію пульта керування з використанням ІЧ-каналу. Варіантів рішення на ринку є кілька, є досить елегантні, які дозволяють забезпечити і високу ймовірність доставки команди, і відсутність впливу на інші екземпляри такого обладнання, встановлені в приміщенні. Це емулятор пульта з ІЧ-випромінювачем, що встановлюється на корпус спліт-системи у безпосередній близькості від приймача. Потужність його мала, але з допомогою мінімальної відстані до приймача кондиціонер його добре «бачить» і слухається.

Підсумовуючи, хочемо сказати, що для моніторингу спліт-системи необхідно обов'язково знімати дані з сухих контактів пристрою (якщо вони є), стежити за напругою живлення, споживаною потужністю та струмами, обов'язково організувати контроль протікання та спробувати організувати віддалене керування спліт-системою. Такий підхід дасть повну картину того, що відбувається з кондиціонером, дозволить не допустити неприємностей, пов'язаних з протіканням конденсату і в аварійній ситуації дасть інформацію про можливі її причини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Що таке спліт-система: основні характеристики, переваги та особливості експлуатації. URL: https://surl.lt/nxnrdg.

УДК 725.211.1:621.565

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ Й ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ПІДПРИЄМСТВ РИТЕЙЛУ ТИПУ «СУПЕРМАРКЕТ»

Спасьонов В. В., здобувач, e-mail: spasenovsva@gmail.com
Науковий керівник – проф. Білецький Е. В.
Державний біотехнологічний університет

Сучасний супермаркет – це складний інженерний об'єкт, де понад 40–60 % енергоспоживання припадає на системи холодопостачання. Проєктування таких об'єктів потребує інтегрованого підходу, що поєднує раціональне зонування торгових площ та впровадження інноваційних технологій систем охолодження та кондиціювання для мінімізації експлуатаційних витрат [1, 2].

Мета роботи – дослідження архітектурно-технологічних особливостей проектування супермаркетів та обґрунтування вибору енергоефективних систем охолодження та кондиціювання.

Проєктування підприємств ритейлу базується на принципах логістичної оптимізації товарних потоків та створення комфортного мікроклімату для співробітників та покупців. Ключовою особливістю є зонування: поділ на торговий зал, зони підготовки товарів та складські приміщення. При цьому розташування холодильних меблів (регалів, бонет, вітрин) має враховувати конвекційні потоки повітря, щоб уникнути «холодних островів» та перевантаження систем кондиціювання.

Сучасна стратегія проєктування підприємств ритейлу базується на концепції «Total Cost of Ownership», де пріоритет надається не низьким капітальним інвестиціям, а мінімізації експлуатаційних витрат протягом 10–15 років. У відповідності до міжнародних угод (Кігалійська поправка), критичним аспектом є перехід на холодоагенти з низьким потенціалом глобального потепління (GWP). Вибір проєктного рішення на користь природних робочих тіл, таких як CO_2 (R744), пропан (R290) або аміак (R717), дозволяє не лише уникнути майбутніх екологічних податків, а й підвищити термодинамічну ефективність циклу в певних температурних режимах. Екологічна стратегія також передбачає використання герметичних систем із мінімальною заправкою холодоагентом для запобігання витокам.

Для забезпечення енергетичної незалежності супермаркету проєктні рішення мають включати системи інтегрованого керування енергією (EMS). Це передбачає: глибоку рекуперацію вторинної теплоти, використання тепла відтайки та теплоти нагнітання компресорів для потреб опалення торгового залу та підігріву води. Це перетворює холодильну систему на своєрідний «тепловий насос», що особливо актуально в зимовий період. Застосування льодоакумуляторів або систем із фазозмінними матеріалами (PCM), що дозволяє системі «запасати» холод у нічні години (за зниженим тарифом на електроенергію) та використовувати його під час денних пікових навантажень, що розвантажує енергомережу об'єкта. Використання закритих холодильних меблів, встановлення скляних дверей на регалах та бонетах дозволяє скоротити теплове навантаження на систему холодопостачання на 30–45 %, що суттєво зменшує встановлену потужність компресорної станції.

Загальна стабільність роботи об'єкта забезпечується впровадженням частотного регулювання приводів компресорів та вентиляторів конденсаторів. Це дозволяє системі гнучко адаптуватися до змін зовнішньої температури та кількості відвідувачів у залі, підтримуючи високий холодильний коефіцієнт (COP) навіть при часткових навантаженнях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Integrated Energy Systems in Food Retail / M. Karampour. – Stockholm: KTH Royal Institute of Technology, 2019. – 112 p.

УДК 637.344:621.565:658.589

ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО ПЕРЕОСНАЩЕННЯ ДІЛЬНИЦІ ФРИЗЕРУВАННЯ ЛІНІЇ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА В СТАКАНЧИКАХ

Терехов Ю. В., здобувач, e-mail: prostozhora777@gmail.com
Науковий керівник – доц. Петренко О. В.
Державний біотехнологічний університет

Ринок морозива в Україні демонструє стабільну динаміку розвитку, що зумовлено як традиціями споживання, так і активним впровадженням інноваційних технологій виробництва. За даними профільних асоціацій, середньорічне споживання морозива на одного українця становить близько 2,5–3 кг, що свідчить про значний потенціал зростання порівняно з європейськими показниками (8–12 кг) [1]. Особливе місце в структурі споживання посідає морозиво у вафельних стаканчиках, яке залишається беззаперечним лідером ринку, охоплюючи понад 45–50 % від загального обсягу роздрібних продажів [1].

Процес фризерування є ключовою стадією у виробництві морозива, що визначає його кінцеву структуру, консистенцію та органолептичні показники. У сучасних умовах ринку підвищення конкурентоспроможності продукції потребує переходу від періодичних процесів до безперервних автоматизованих ліній, що забезпечують стабільний ступінь збитості та дрібнокристалічну структуру льоду [2].

Мета дослідження – обґрунтування технічних рішень щодо переоснащення дільниці фризерування лінії виробництва морозива в стаканчиках шляхом впровадження автоматизованих систем безперервної дії для підвищення енергоефективності та забезпечення стабільно високих органолептичних показників продукції.

Упровадження нового обладнання дозволяє форсувати процес кристалізації вологи. Завдяки високій швидкості обертання мішалки-збивача забезпечується утворення мікрокристалів льоду розміром до 30–50 мкм, що виключає відчуття «піщаності» та забезпечує кремоподібну консистенцію морозива в стаканчиках. Енергетична ефективність переоснащення досягається за рахунок використання частотного регулювання приводів та оптимізації кипіння холодоагенту в оболонці фризера, що знижує питомі витрати енергії на 15–20 %.

Вибір потужності фризера має відповідати продуктивності дозувально-наповнювального автомата на стадії фасування в стаканчики, при цьому стратегічно рекомендується обирати обладнання із запасом продуктивності 15–20 %. Це дозволяє уникати роботи на граничних режимах, що суттєво подовжує термін експлуатації підшипникових вузлів та ножів збивача, а вбудовані системи автоматизації повинні забезпечувати стабільність в’язкості та збитості продукту незалежно від коливань температури вхідної суміші.

Упровадження інверторів для частотного регулювання привода мішалки та насосів дозволяє знизити енергоспоживання на 20–30 % при роботі на неповну потужність. Для отримання кремоподібної структури морозива критичне значення має конструкція збивача, виготовленого з нержавіючої сталі зі змінними ножами з високоміцного пластику або спеціальних сплавів, оскільки висока швидкість його обертання забезпечує формування дрібнокристалічної структури льоду (до 35 мкм). Окрему увагу слід приділити системі аерації: для масового сегмента стаканчиків збитість є головним економічним показником, тому фризер має бути обладнаний масовим витратоміром повітря, що гарантує однакову вагу та об’єм кожної порції та мінімізує втрати багатокомпонентної суміші.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасний стан ринку морозива в Україні: виклики та перспективи розвитку / О. М. Попова та ін. // Development Service Industry Management. – 2024. – № 2. – С. 205–212.

2. Холодильне обладнання: підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Х.: Світ Книг, 2021. – 633 с.

УДК.697.94

ХОЛОДИЛЬНІ АГЕНТИ Й ЕКОЛОГІЯ

Тимошенко Я. О., студент, e-mail: iaroslavtimoshenko79@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Жила В. І.
Державний біотехнологічний університет

Усі холодоагенти, що використовуються в холодильних установках, впливають на довкілля в більшій чи меншій мірі. «Природні» холодоагенти R717 – аміак, R744 – вуглекислий газ (CO_2) – менше впливають на екологію, але можуть бути шкідливими при високих концентраціях. Мінімізувати вплив холодоагенту на навколишнє середовище одне із головних завдань при проєктуванні холодильних установок.

Мета досліджень – проведення аналізу існуючих способів зменшення впливу холодоагентів на довкілля.

Основні матеріали досліджень. У нормальних умовах холодоагенти представляють собою гази, або безбарвні рідини. Зараз відомо більше 60 холодоагентів, але тільки 15 з них знаходять практичне застосування. Крім однокомпонентних (або чистих) холодоагентів останнім часом знаходять застосування численні суміші, складені з двох і більш чистих холодоагентів.

Ідеальний холодоагент повинен мати гарні термодинамічними показниками і забезпечувати високу ефективність роботи холодильної установки. Крім того, холодоагент має бути хімічно стабільним, не розкладатися і не вступати в реакції з металами і маслами. Він повинен бути безпечним при експлуатації – не утворювати вибухових з'єднань, не створювати токсичне середовище. Тому при проєктуванні, зокрема, каскадних холодильних установок холодоагент верхнього каскаду, який використовується для виконання роботи з відведення тепла із системи, може бути будь-яким з холодоагентів, наприклад R717 – аміак, а холодоагент нижнього каскаду, R744 (CO_2) з низьким GWP буде охолоджуватись та розподілятись за необхідності. При цьому кількість холодоагенту верхнього каскаду можна зменшити більш як на половину, що істотно скорочує кількість трубопроводів, які використовуються для холодоагенту верхнього каскаду. В свою чергу це може допомогти запобігти викидам токсичного аміаку за рахунок зниження витоків холодоагенту в системі. Зменшення заправки холодоагенту в системі дозволить вирішити не тільки екологічні питання, а й економічні. Менша заправка системи також спрощує її експлуатацію, зменшує час на обслуговування та підвищує безпеку системи, в свою чергу знижує загальну вартість системи та забезпечує конкурентну перевагу.

Важливим чинником зниження ризику витоку холодоагенту є система його виявлення. Детектори витоків холодоагенту, які призначені для виявлення втрат тиску, необхідні для всіх систем, що перевищують приписану межу заправки холодоагентом, який зазвичай становить близько 1,8 кг холодоагенту для більшості стаціонарних систем.

Спеціалізовані системи виявлення витоків холодоагенту обладнані датчиками, та електронікою керуючої логіки, яка призначена для запуску вентилятора випарника і може використовувати циркулююче повітря для швидкого розсіювання та розведення холодоагенту при його витоку із системи, що попереджує утворення критичних концентрацій холодоагенту.

Застосування «природних» холодоагентів з продуманою схемою холодильної установки зменшує промисловий вплив на довкілля, сприяє зниження загальної вартості системи та забезпечує конкурентну перевагу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.

1. Холодильне обладнання: підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Х.: Світ Книг, 2021. – 633 с.

УДК 621.565.93.95

ХОЛОДИЛЬНА СИСТЕМА КАМЕРИ ФЕРМЕНТАЦІЇ ПРІСНОГО ТІСТА

Товстик О. С., здобувач, e-mail: tovstyk.oleksandr@gmail.com
Смілик М. М., асистент, e-mail: smilykmm@gmail.com
Державний біотехнологічний університет

Сучасні системи охолодження повітря забезпечують регулювання параметрів повітряного середовища в обмеженому просторі, включаючи температуру, відносну вологість, швидкість руху повітря, а також ступінь його очищення та фільтрації. Якщо кондиціювання не спрямоване на створення комфортних умов для людини, а використовується для забезпечення технологічних процесів, його визначають як промислове або технологічне охолодження [1].

Важливим прикладом застосування технологічного охолодження є камери попереднього вистоювання тіста, призначені для створення оптимальних умов контрольованого бродіння після замішування та перед формуванням хлібобулочних виробів. Такі установки функціонують у режимі безперервного потоку, при якому тістові заготовки переміщуються всередині камери за допомогою транспортерної стрічки [2].

Ефективність процесу ферментації визначається підтриманням стабільних параметрів мікроклімату. Зокрема, оптимальний температурний режим знаходиться в межах 28–40 °С, а відносна вологість повітря — у діапазоні 65–85 %. Відомо, що при температурах нижче 20 °С активність дріжджових клітин значно знижується, тоді як при досягненні 60 °С їх життєдіяльність припиняється, що негативно впливає на якість готової продукції.

Регулювання параметрів мікроклімату в камерах здійснюється за допомогою системи керування температурою, яка реалізується через холодильну систему з проміжним теплоносієм. Підтримання необхідного рівня вологості та температури забезпечується застосуванням холодильної установки, що дозволяють досягати високої точності регулювання.

Автоматизація технологічного процесу базується на використанні програмованого логічного контролера, який обробляє сигнали від датчиків температури та вологості, забезпечує керування виконавчими механізмами та з можливостю інтегруватися в систему моніторингу та диспетчеризації. Це дає змогу реалізувати вибір технологічних режимів відповідно до рецептур, здійснювати моніторинг параметрів у реальному часі та оперативно реагувати на відхилення. Також система система моніторінгу оснащена журналом подій для реєстрації аварійних ситуацій і забезпечення подальшого аналізу роботи обладнання [2].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенюк Д. П., Петренко О. В., Якушенко Є. М. Обладнання для холодильної та електромагнітної обробки харчових продуктів: навч. посібник у 2 ч. Ч. 1. Харків: ДБТУ, 2022. с. 5.

2. Технічне завдання по камері ферментації. [Внутрішній документ]. Харків: ПрАТ «Харківська бісквітна фабрика», 2026. 1 с.

УДК 621.577

ТЕПЛОВІ НАСОСИ – ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Цуркан М. М., к.т.н., доцент
Аліпов А. Е., здобувач, e-mail: A. Alipov@gmail.com
Державний біотехнологічний університет

Енергозбереження, як складова енергоефективності, є однією з основних проблем сьогодення для всього людства. Це пов'язано, насамперед, з двома факторами – збереження невідновлюваних енергоресурсів та протидією глобальному потеплінню, яке пов'язане зі шкідливих викидами в атмосферу продуктів згоряння палива.

Застосування енергозбережних технологій на основі використання теплових насосів є одним зі значущих напрямів вирішення цієї проблеми.

Головна відмінність теплових насосів порівняно з традиційними джерелами тепла – висока ефективність роботи, а значить і економічність. Як правило, тепловий насос здатний виробити близько 3–5 кВт теплової енергії, використовуючи лише 1 кВт електричної енергії.

Основний робочий елемент у тепловому насосі – компресор. Такий, як у побутовому холодильнику, тільки значно більшої потужності. Тому завдяки простій та продуманій конструкції теплового насоса він може працювати безперебійно більше 25 років і більше. Ні газові, ні твердопаливні, ні електричні джерела енергії не мають такого терміну служби.

Крім того, всі процеси в холодильному контурі відбуваються в замкнутому просторі. У роботі теплового насоса виключено людський чи зовнішній фактор. Немає процесів горіння, нема чому спалахувати чи диміти.

Теплові насоси абсолютно безпечні для мешканців будинку і для навколишнього середовища. Робота системи опалення або охолодження з використанням теплового насоса виключає викид будь-яких шкідливих речовин, як це відбувається під час роботи газових або твердопаливних котлів.

Найбільш економічні теплові насоси двох типів: теплові насоси ґрунт-вода та теплові насоси вода-вода. Менш економічні, але дешевші при монтажі теплові насоси повітря-вода.

Використання теплових насосів перспективне в комбінованих схемах за умови поєднання з іншими технологіями використання поновлюваних джерел енергії – сонячної та геотермальної. Можливості та економічна доцільність застосовування теплових насосів й установок залежать від кліматичних особливостей регіону, рівня розвитку паливно-енергетичного сектору, співвідношення цін на основні види палива та електроенергії та інших чинників.

Енергетична ефективність теплових насосів залежить від характеристик теплових джерел, що беруть участь у термотрансформації: від температурного рівня нагрівання середовища споживача теплового навантаження і від температури надходження утилізованого низько-потенціального середовища.

Рівень нагрівання середовища споживача теплоти залежить від цільового призначення теплопостачання, і найкращі техніко-економічні результати зазвичай відповідають застосовуванню теплонасосних систем для побутового гарячого водопостачання.

Застосовування теплових насосів для опалювальних цілей ефективно, для повітряних або водяних систем підлогового опалювання. Для регіонів із середньозимовою температурою нижче за 2 °С застосування теплових насосів для водяного батарейного опалювання пов'язано з використанням, так званих, бівалентних теплонасосних установок, в яких догрівання теплоносія забезпечується традиційними теплогенерувальними пристроями.

Можливість використання в теплопостачанні потоків низькопотенціальних вторинних енергоресурсів значно розширює ресурсну базу теплопостачання, робить її менше залежною від постачань паливних ресурсів. Задіявши тепловий насос, що працює на джерелах

природної теплоти (атмосферне повітря, природні води), ми ніби умовно забезпечуємо системи теплопостачання ресурсом на 15–20 років її роботи.

Утилізація низькопотенціальної теплоти у промисловому виробництві може істотно підвищити ефективність енерговикористання. Особливо це стосується технологій, пов’язаних із споживанням парових потоків, таких як: випаровування, кристалізація, ректифікація та інші.

Утилізація низькопотенціальної теплоти систем оборотного водопостачання підприємств дозволяє істотно понизити витрату підживлювальної води за рахунок вимикання відкритих пристроїв охолоджування (градирень, басейнів), зменшується загальне енергоспоживання подібних систем за рахунок вимикання вентиляторів для градирень.

На сьогодні можна констатувати, що не зважаючи на певні недоліки (капітальні витрати, строк окупності, складність монтажу), теплові насоси – високотехнологічне обладнання, енергоефективне та вигідне в експлуатації для систем опалення, гарячого водопостачання та кондиціювання.

Теплонасосне обладнання забезпечує найкращий рівень комфорту, це найбільш перспективне та пріоритетне для впровадження обладнання у сучасному житлі, готельних та торгових комплексах, а також на комерційних об'єктах.

УДК 621.56

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ ХОЛОДОАГЕНТІВ У ПІДСИСТЕМАХ ХОЛОДОВОГО ЛАНЦЮГА НА РЕГІОНАЛЬНОМУ РІВНІ

Шемякін В. Є., аспірант, e-mail: osarja@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Яковлева О. Ю.
Одеський національний технологічний університет

Розвиток холодильних установок (ХУ) визначається екологічними вимогами та спрямований на відмовлення від синтетичних холодоагентів з високим потенціалом глобального потепління. Природні холодоагенти (вуглеводні (HC), аміак (R717) та вуглекислота (R744)) виступають інструментами декарбонізації холодового ланцюга.

Метою роботи є аналіз структури їх використання у підсистемах холодового ланцюга: виробництво, переробка, холодильне зберігання, транспорт та роздрібна торгівля. Дослідження базується на аналізі галузевих джерел і статистичному моделюванні з використанням методів описової статистики.

Результати показують, що використання холодоагентів відрізняється між підсистемами (рис. 1). У підсистемах, виробництві, переробці та зберіганні аміак (R717) має найвищий показник (понад 50 %). Це зумовлено його ефективністю при застосуванні у промислових ХУ. У роздрібному сегменті CO_2 (R744) займає пріоритетне місце та вуглеводні (HC), тоді як транспорт визначається змішаною структурою використання холодоагентів через технологічні обмеження.

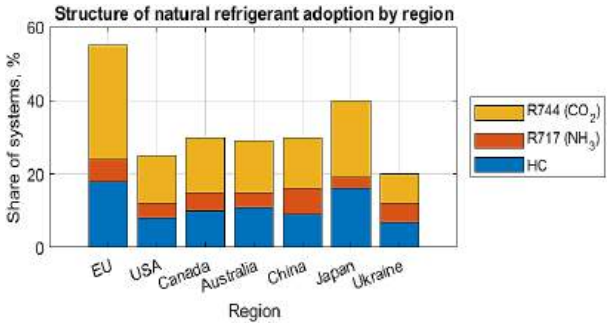


Рисунок 1 – Розподіл природних холодоагентів у підсистемах холодового ланцюга

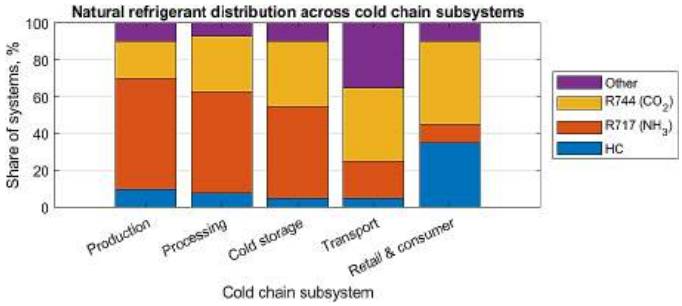


Рисунок 2 – Регіональна структура використання природних холодоагентів

Регіональний аналіз (рис. 2) показує, що ЄС та Японія виступають лідерами впровадження природних холодоагентів відповідно до політиці декарбонізації та виконання зобов'язань. США, Канада та Австралія демонструють середній рівень, тоді як Китай має найвищі темпи зростання. Україна перебуває на початковому етапі розвитку ринку природних холодоагентів.

Статистичний аналіз підтвердив значущі відмінності між регіонами ($p < 0{,}001$). Розмір підприємств не має статистично значущого впливу на рівень впровадження природних холодоагентів ($\chi^2 = 0{,}95$; $p = 0{,}623$; ANOVA: $F = 0{,}57$; $p = 0{,}564$). Водночас між регіонами спостерігаються суттєві відмінності ($\chi^2 \approx 2976{,}7$; $p < 0{,}001$), що свідчить про визначальну роль регуляторних та інфраструктурних факторів у формуванні ринку. Застосування природних холодоагентів має класифікований характер, коли аміак домінує у промисловості, а CO_2 та HC – у комерційному секторі. Інвестиції, технології та гармонізація стандартів безпеки вирішують, як буде розвиватися ринок природних холодоагентів, зокрема в Україні.

УДК 621.565:339.13(477)

СУЧАСНІ ХОЛОДИЛЬНІ АГЕНТИ ДЛЯ ПОБУТОВОГО ТА ТОРГОВЕЛЬНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

Шмодін О. О., e-mail: Oleksiy.Shmodin@gmail.com
Науковий керівник – проф. Семенюк Д. П.
Державний біотехнологічний університет

Холодильні установки нині знаходять своє застосування у багатьох галузях економіки (промисловість, сільське господарство, будівництво, комунальне господарство та інших). Одна із сфер їх застосування – використання для забезпечення збереження харчових продуктів у побуті та на торгових підприємствах. На ринку цей сектор представлений побутовими холодильниками та морозильниками, вітринами, морозильними шафами, шафами для зберігання напоїв тощо. Крім різноманітності типів даних пристроїв спостерігаються також відмінності за типом холодильних агентів, що застосовуються.

Холодильні агенти необхідні для забезпечення процесу перенесення тепла від продуктів, що охолоджуються, в навколишній простір в холодильному циклі. При цьому холодильні установки працюють по зворотному термодинамічного циклу, а холодопровідним процесом, є процес випаровування холодильного агента.

У побутових і торгових холодильних установках нині як агенти застосовуються фреони. Перший фреон був синтезований у 1931 році, після чого людство отримало можливість безпечно користуватися різними холодильними установками. За історію розвитку цієї області вчені синтезували понад 40 найрізноманітніших чистих фреонів, які значно чи не дуже відрізнялися один від одного. Але найпопулярнішими донедавна були такі види фреонів як R22, R410 та R407. Кожен із видів фреону відрізняється не лише за вартістю, для нього необхідне й особливе, відповідне саме йому масло певної марки, яке сумісне з конкретним холодоагентом.

У даний час є широка різноманітність холодильних агентів. На ринку постійно з'являються нові й нові холодоагенти, що випускаються різними виробниками. Фахівці холодильних компаній та кінцеві споживачі почали губитися у здогадах про можливі перспективи використання того чи іншого холодоагенту в існуючих та перспективних холодильних установках.

Причина такого розмаїття полягає у забороні застосування деяких фреонів внаслідок їх згубного впливу на екологію. Прийнятий ООН «Монреальський протокол щодо речовин, що руйнують озоновий шар», спрямований на запобігання руйнації шару стратосферного озону і виникнення парникового ефекту в атмосфері через витік холодоагентів у результаті привів, починаючи з початку 90-х років, до серйозних змін. Незважаючи на те, що небезпека заборонених фреонів так і не була повністю доведена, популярні R22 і R12 були заборонені, на зміну їм прийшли суміші холодоагентів.

В даний час для побутових та торгових установок міцно увійшли в практику такі озонобезпечні холодоагенти на основі гідрофторвуглеців, як R134a, R404A, R507A, R407C, R410A, а також вуглеводень ізобутан R600a.

Нові фреони відрізняються високою вартістю, часто мають високу плинність, що може легко привести до його витоку та зупинки холодильної установки. Заправка побутової чи торгової установки тим чи іншим фреоном відбувається на заводі-виробнику.

Таким чином, в даний час на ринку представлені різні нові холодоагенти: R134a, R404A, R507A, R407C, R410A, а також вуглеводень ізобутан R600a. Тим не менш, в даний час багато організацій не поспішають проводити модернізацію наявного холодильного обладнання, в результаті чого в експлуатації є безліч установок, заправлених фреонами R22 і R12.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні агенти. Клімат в домі. URL: https://www.klimatvdomi.com/st_cond/st_holodilnye_agenty_ua.html.

СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 681.5

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

Алієв Р. А., бакалавр
Науковий керівник – PhD Ковальчук Д. М., e-mail: kovalchuk.mitia@gmail.com
Державний біотехнологічний університет

Розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом виробничого приміщення є актуальним завданням сучасної промисловості, оскільки забезпечення оптимальних параметрів повітряного середовища безпосередньо впливає на продуктивність праці та безпеку персоналу. Мікроклімат виробничого приміщення визначається сукупністю таких параметрів, як температура, відносна вологість, швидкість руху повітря, концентрація вуглекислого газу та рівень забруднення повітря. В умовах змінного виробничого навантаження та зовнішніх факторів ручне регулювання цих параметрів є неефективним, що обумовлює необхідність впровадження автоматизованих систем керування.

Основною метою розробки автоматизованої системи керування мікрокліматом є підтримання заданих параметрів повітряного середовища у визначених нормативами межах із мінімальним втручанням людини. Для досягнення цієї мети система повинна виконувати функції безперервного моніторингу параметрів мікроклімату, аналізу отриманих даних, прийняття рішень та формування керуючих впливів на виконавчі механізми. До складу такої системи, входять датчики, мікроконтролер та виконавчі пристрої.

На етапі проєктування системи важливим є вибір апаратної платформи. Як базовий елемент керування доцільно використовувати мікроконтролери, які забезпечують достатню обчислювальну потужність, гнучкість та доступність. Одним із поширених рішень є використання мікроконтролерів сімейства Arduino, зокрема Arduino Mega 2560, який має велику кількість входів/виходів, що дозволяє підключати значну кількість датчиків і виконавчих пристроїв. Це забезпечує масштабованість системи та можливість її подальшого розширення.

Для вимірювання параметрів мікроклімату використовуються різні типи датчиків. Температура та відносна вологість можуть вимірюватися за допомогою цифрових датчиків, таких як DHT22, які забезпечують достатню точність і простоту інтеграції. Контроль рівня вуглекислого газу здійснюється за допомогою інфрачервоних датчиків, наприклад MH-Z19B, що дозволяють оцінювати якість вентиляції приміщення. Для визначення загального рівня забруднення повітря можуть використовуватися газоаналізатори типу MQ-135, які реагують на широкий спектр шкідливих газів. Дані з датчиків передаються до контролера, де відбувається їх обробка та порівняння із заданими значеннями.

У роботі запропонована автоматизованої системи керування мікрокліматом виробничого приміщення. Впровадження такої системи дозволяє підвищити ефективність виробництва, покращити умови праці персоналу та забезпечити відповідність сучасним стандартам якості та екологічної безпеки.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень ДСН 3.3.6.042-99: затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України № 42 від 01.12.1999 р.

2. Мірошник М. А. Системи автоматизації проектування пристроїв і систем автоматики. *Основи систем автоматизації проектування*: *конспект лекцій*. Харків: УкрДАЗТ, 2014. 102 с.

3. Arduino Mega 2560 Product Reference Manual. URL: https://www.manualslib.com/manual/2501958/Arduino-Mega-2560.html

УДК 681.5:004.451.9:004.62

ЗАСТОСУВАННЯ NODE-RED У СИСТЕМАХ ПРОМИСЛОВОЇ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ ТА БАЗ ДАНИХ

Галлямов К. С., аспірант, e-mail: Kyrylo.Halliamov@infiz.khpi.edu.ua
Науковий керівник – к.т.н., доц. Красніков І. Л.
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Сучасні автоматизовані системи керування технологічними процесами потребують гнучких програмних засобів для організації обміну даними між всіма вузлами системи. Одним із таких засобів є Node-RED – low-code платформа для побудови потоків даних, орієнтована на збирання, перетворення та візуалізацію інформації в реальному часі [1]. Її застосування є доцільним у комп'ютерно-інтегрованих системах, де важливими є швидке налаштування обміну, масштабованість та зручність інтеграції різнорідних компонентів.

Практичне використання Node-RED полягає у побудові проміжного програмного шару між джерелами технологічних даних та системами верхнього рівня. У такій архітектурі дані можуть надходити від контролерів, мікроконтролерів або локальних вузлів збору, після чого в Node-RED виконуються їх фільтрація, нормалізація, перетворення формату повідомлень і маршрутизація до MQTT-брокера, SCADA-системи або реляційної бази даних [1, 2]. Такий підхід дозволяє об'єднати в єдиному інформаційному контурі рівень збору, передавання, диспетчеризації та архівування технологічних параметрів.

Особливе значення Node-RED має при реалізації MQTT-обміну, оскільки платформа підтримує типові вузли підписки та публікації повідомлень, а також забезпечує зручне налагодження потоків. У навчально-методичних матеріалах з промислового Інтернету речей Node-RED розглядається саме як інструмент підключення до MQTT-брокера, отримання даних, їх відображення та подальшої публікації [2]. Це дає змогу використовувати платформу не лише для навчальних задач, а й для побудови експериментальних та прикладних рішень у сфері автоматизації технологічних процесів.

Перевагою застосування Node-RED у системах промислової автоматизації є скорочення часу розробки інтеграційних рішень, спрощення підключення нових джерел даних та можливість швидкої адаптації структури інформаційних потоків до вимог конкретного об'єкта. У поєднанні з MQTT та базами даних це створює основу для побудови гнучких комп'ютерно-інтегрованих систем моніторингу й керування, придатних до подальшого розширення в напрямі аналітики, диспетчеризації та елементів Industry 4.0 [1, 2].

Отже, використання Node-RED у системах промислової автоматизації є доцільним для інтеграції обладнання, брокерів повідомлень, SCADA-платформ і баз даних. Застосування такого підходу підвищує гнучкість побудови інформаційних каналів, спрощує організацію потокової обробки технологічних даних і забезпечує ефективну взаємодію між рівнями автоматизованої системи.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Node-RED. Low-code programming for event-driven applications. Node-RED official site.
2. Невлюдов І. Ш., Новоселов С. П., Сичова О. В. Node-RED та технологія промислового Інтернету речей: навч. посіб. Харків: Вид-во Іванченка І. С., 2024. 207 с.

УДК 663.938.8

АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА РОЗЧИННОЇ КАВИ

Герасименко Д. Є., здобувач РВО бакалавр,
Панов А. О., e-mail: panovanton1994@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Тимчук С. О.
Державний біотехнологічний університет

Розчинна кава являє собою висушений до порошкоподібного стану екстракт із натуральної смаженої кави. Вона має приємний смак і аромат, хоча й менш виразний, ніж у свіжообсмажених зерен. Водночас її тонізуючий ефект відчутніший завдяки підвищеному вмісту кофеїну [1].

Технологічний процес виробництва розчинної кави включає такі етапи:

- очищення кавових зерен;
- обсмажування та повторне очищення кавових зерен;
- подрібнення (гранулювання);
- приготування екстракту кави;
- сушіння отриманого екстракту;
- фасування та пакування кавового порошку.

Після аналізу системи автоматизованого керування технологічним процесом виробництва розчинної кави у попередньому розділі, проведено розробку блок-схеми алгоритму керування процесом виробництва розчинної кави, що наведено на рисунку 1 [2].

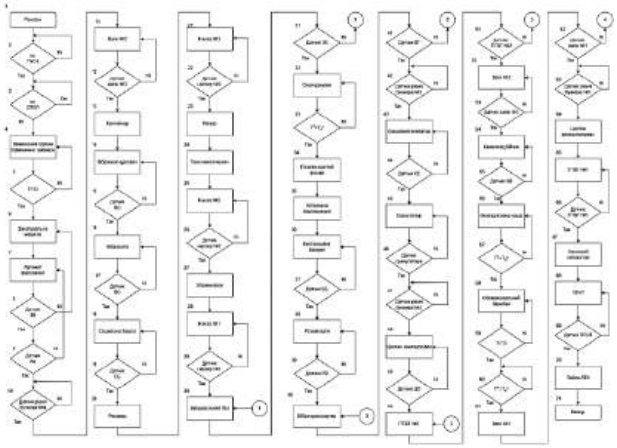


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму керування процесом виробництва розчинної кави

Опис блок-схеми алгоритму керування процесом виробництва розчинної кави виглядає наступним, після запуску кнопки пуск вмикається сирена роботи та таймер сирени. Після відпрацювання заданої вставки часу таймера вимикається сирена та вмикаються ЗМ та АФ. Перевірка датчиків роботи закатувальної машини, автомату фасування та датчика рівня у бункері №4 вмикається подача суміші до вагів №3. Датчик перевірки маси суміші подає сигнал на вмикання контейнера та електропривода віброохолоджувача. Датчик температури віброохолоджувача подає сигнал на вмикання електропривода вібросита.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баля Л. В. Комплексна оцінка якості кавових напоїв розчинних. *Товарознавчий вісник: зб. наук. праць*. Луцьк: Луцький НТУ, 2015. Вип. 8. С. 152–156.

2. Мікропроцесорні керуючі пристрої: метод. вказівки до виконання практичних робіт з дисц. «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за ОПП зі спец. 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

УДК 004.9:681.3

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ МОДУЛІВ СИСТЕМИ «РОЗУМНИЙ БУДИНОК»

Герасимович С. Є, бакалавр, e-mail: serhiiherasymovych@gmail.com
Науковий керівник – PhD Ковальчук Д. М., e-mail: kovalchuk.mitia@gmail.com
Державний біотехнологічний університет

Розробка програмно-апаратних модулів системи «Розумний будинок» є актуальним напрямом розвитку сучасних інформаційно-керуючих технологій, що спрямовані на підвищення комфорту, безпеки та енергоефективності житлових приміщень. Зростання кількості побутових пристроїв, інтегрованих у єдину мережу, а також розвиток концепції Інтернету речей (IoT) зумовлюють необхідність створення гнучких, масштабованих та надійних систем автоматизації, здатних ефективно взаємодіяти між собою та з користувачем.

Актуальність роботи полягає у потребі розробки доступних та адаптивних рішень для автоматизації житлових приміщень, які можуть бути реалізовані на базі відкритих апаратно-програмних платформ. Більшість комерційних систем «розумного будинку» мають високу вартість та обмежену можливість модифікації, що обмежує їх широке використання. Тому розробка власних програмно-апаратних модулів дозволяє створити економічно вигідну систему з можливістю подальшого розширення функціональності.

Метою роботи є розробка та реалізація програмно-апаратних модулів системи «Розумний будинок», що забезпечують автоматичне керування освітленням, мікрокліматом, безпекою та енергоспоживанням. Для досягнення поставленої мети було виконано аналіз існуючих рішень, обрано апаратну платформу, розроблено архітектуру системи, створено програмне забезпечення та проведено експериментальну перевірку працездатності.

У якості апаратної основи системи використано мікроконтролери Arduino та ESP32, які забезпечують обробку даних, керування виконавчими пристроями та бездротову передачу інформації. ESP32 використовується як мережевий модуль завдяки наявності вбудованих інтерфейсів Wi-Fi та Bluetooth, що дозволяє організувати обмін даними між вузлами системи та сервером керування.

До складу розроблених програмно-апаратних модулів входять сенсорні вузли та виконавчі модулі. Сенсорні вузли включають датчики температури та вологості (DHT22), датчики руху (PIR), датчики освітленості та датчики якості повітря. Отримані дані передаються до центрального контролера для подальшої обробки. Програмна частина системи реалізована з використанням мови програмування C++ у середовищі Arduino IDE.

Таким чином, у роботі розроблено програмно-апаратні модулі системи «Розумний будинок», які забезпечують комплексну автоматизацію житлового приміщення. Запропоноване рішення характеризується гнучкістю, доступністю та можливістю інтеграції з іншими IoT-системами, що робить його перспективним для широкого використання у сучасних умовах цифровізації побуту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розумний дім. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D1%83%D0%BC%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D1%96%D0%BC.

2. Бондарев О. Хто в домі господар. Розумні будинки через кілька років набудуть широкої популярності. *Кореспондент*. 2012. № 30. С. 42–46.

3. Дужак І. О. Розумний будинок. Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. Одеська національна академія харчових технологій. 2013. № 13. С. 31.

4. Теслюк В. М., Цмоць І. Г., Казарян А. Г., Теслюк Т. В. Метод проектування систем «розумного» будинку з використанням архітектурного шаблону Redux. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 7. С. 146–150.

УДК 174.1

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ ЖИРОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД

Гриненко А. Г., бакалавр, e-mail: chub.irina.nik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Чуб І. М.
Державний біотехнологічний університет

Одним із найбільш ефективних методів очищення жировмісних стічних вод є напірна флотація. Даний процес характеризується складною багатофакторною динамікою, що обумовлює необхідність застосування сучасних засобів автоматизації для його ефективного керування.

Ключовим елементом автоматизованої системи є програмно-технічний комплекс, що забезпечує централізований збір, аналіз та візуалізацію інформації, а також координацію роботи обладнання у реальному часі. У структурі системи управління виділяються керуючі та збурювальні впливи. До керуючих параметрів належать витрати реагентів, подача повітря, енергоносіїв та положення виконавчих механізмів. До збурювальних факторів відносяться характеристики вихідної сировини, витрата та густина стічної рідини, а також концентрація домішок.

Важливою складовою сучасних систем автоматизації є використання інтелектуальних алгоритмів, зокрема методів предиктивної аналітики та адаптивного керування. Це дає можливість оптимізувати дозування реагентів, зменшити енерговитрати та забезпечити стабільність якості очищення.

Впровадження автоматизованої системи управління процесом очищення жировмісних стічних вод методом напірної флотації, забезпечує підвищення якості очищення, зниження витрат реагентів та енергоресурсів, а також мінімізацію впливу людського фактора. Функціональна схема автоматизації процесу фізико-хімічного очищення ЖСВ методом напірної флотації була розроблена на основі автоматизованої системи регулювання. Система керування включає задавальний елемент (З), який формує задане значення витрати стічної води (Хз), та регулятор (Р), що забезпечує підтримання цього значення на необхідному рівні. У процесі роботи фактичне значення витрати очищеної води вимірюється датчиком витрати (Др) і подається у вигляді сигналу зворотного зв’язку на вхід регулятора. Різниця між заданим та виміряним значеннями формує сигнал помилки (е), на основі якого регулятор генерує керуючий вплив. Керуючий сигнал передається на виконавчий механізм (ВМ), який змінює режим роботи об’єкта управління (ОУ) флотаційної установки. Таким чином забезпечується стабілізація витрати стічної води та підтримання оптимальних умов перебігу процесу флотації. Додатково у складі системи передбачено контур регулювання рециркуляційного потоку (РП), який включає сатуратор, мутномір, регулятор та виконавчий механізм.

Запропонована структура системи дозволяє забезпечити узгоджену роботу основних технологічних вузлів, підвищити стабільність процесу очищення та мінімізувати вплив зовнішніх збурень. Використання зворотного зв’язку та локальних контурів регулювання сприяє підвищенню точності підтримання технологічних параметрів і ефективності роботи очисної установки в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Salohiddinov Fayzulloh Fazliddin o‘g‘li. (2024). Application of scada system in automation of wastewater treatment processes. *European Journal of Emerging Technology and Discoveries,* 2(5), 9.

УДК 174.1

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ IoT

Гук О. О., бакалавр, e-mail: chub.irina.nik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Чуб І. М.
Державний біотехнологічний університет

Прогрес у сферах ІТ та мікроелектроніки трансформує принципи проектування та реалізації інженерних мереж у житловому будівництві. Інтеграція мікроконтролерів, сенсорних пристроїв і бездротових мереж дозволяє створювати інтелектуальні системи автоматизованого контролю та управління різними технологічними процесами. Особливої актуальності набуває використання технологій Інтернету речей (IoT), які забезпечують взаємодію пристроїв у єдиному інформаційному середовищі.

Одним із ключових напрямів застосування IoT є моніторинг енергопостачання житлових об’єктів. Зростання кількості електроспоживачів, підвищення вимог до енергоефективності та необхідність забезпечення надійності електропостачання зумовлюють потребу у впровадженні автоматизованих систем контролю параметрів електромережі.

У статті розглянуто концепцію побудови автоматизованої системи моніторингу енергоспоживання на основі IoT-технологій. Основу системи складають датчики та розумні лічильники, які здійснюють безперервний збір даних про параметри електропостачання в реальному часі. Зібрана інформація передається до центрального контролера, де виконується її обробка, аналіз та формування керуючих рішень.

Аналіз розвитку систем «розумного будинку» показує, що вони пройшли еволюцію від простих дротових рішень до складних розподілених систем, які використовують бездротові протоколи зв’язку, такі як Wi-Fi, ZigBee та Z-Wave. Це забезпечує гнучкість у побудові системи та можливість її масштабування.

Запропонована система дозволяє здійснювати класифікацію енергоспоживання за типами навантажень, виявляти аномалії та пікові навантаження, а також визначати неефективні або несправні електроприлади. Використання алгоритмів обробки даних та елементів машинного навчання підвищує точність аналізу та дозволяє прогнозувати поведінку системи.

Об’єктом автоматизації є заміський житловий будинок із трифазним підключенням до електромережі, автономною системою опалення та сучасною телекомунікаційною інфраструктурою. У системі передбачено автоматизацію основних інженерних підсистем, зокрема освітлення та опалення.

Система керування освітленням забезпечує автоматичне вмикання та вимикання світильників залежно від присутності людей, а також регулювання рівня освітленості. Використання фотоелементів дозволяє підтримувати оптимальний рівень освітлення та зменшувати енергоспоживання. Система керування опаленням здійснює контроль температури в приміщеннях, регулювання роботи опалювального обладнання та дистанційне керування режимами роботи. Це забезпечує комфортні умови проживання та ефективне використання теплових ресурсів. Інтеграція всіх підсистем у єдину платформу управління дозволяє забезпечити централізований контроль і підвищити рівень безпеки. Важливим аспектом є забезпечення інформаційної безпеки шляхом використання сучасних методів шифрування та автентифікації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. Understanding the Internet of Things: Definition, potential, and societal role. *IEEE Internet of ThingsJournal*, 4(3), 2017, pp. 495-508

УДК 123.1

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ ГРУБИХ КОРМІВ

Довженко А. О., бакалавр, e-mail: yayaska31@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Демченко К. В.
Державний біотехнологічний університет

Системи автоматизованого керування установок для подрібнення грубих кормів є важливою складовою сучасного виробництва кормів для тварин. Подрібнення грубих кормів забезпечує підвищення засвоюваності кормів, рівномірність фракцій та якість кінцевого продукту. Використання автоматизованих систем дозволяє регулювати режими подрібнення в реальному часі, контролювати продуктивність установки, енергоспоживання та розмір отриманих фракцій, що зменшує витрати на обслуговування і підвищує безпеку праці.

Мета дослідження полягає у розробці та впровадженні систем автоматизованого керування, які оптимізують процес подрібнення та забезпечують стабільну якість кормів. Для досягнення цієї мети необхідно дослідити структуру та принцип роботи установок, визначити ключові параметри процесу, що підлягають автоматичному контролю, розробити алгоритми регулювання та оцінити ефективність впровадження системи на підприємстві. Об’єктом дослідження є установки для подрібнення грубих кормів, а предметом – методи та засоби автоматизованого керування процесом подрібнення.

Наукова новизна та практична значимість роботи полягають у підвищенні продуктивності обладнання, оптимізації енергоспоживання, зниженні витрат на обслуговування та забезпеченні стабільної якості кормів. Впровадження таких систем дозволяє досягти економічної ефективності виробництва та покращити якість кормів, що сприяє підвищенню продуктивності тваринницьких підприємств. Крім того, автоматизація процесу подрібнення забезпечує можливість інтеграції з іншими виробничими ланками, такими як дозування, змішування та фасування кормів, що дозволяє створювати єдину комп’ютерно-інтегровану технологічну систему на підприємстві.

Використання сучасних сенсорів, контролерів і програмного забезпечення дозволяє здійснювати дистанційний контроль, прогнозувати технічний стан обладнання та своєчасно виконувати профілактичне обслуговування.

Упровадження автоматизованих систем керування сприяє підвищенню точності та надійності технологічних процесів, зменшенню впливу людського фактору, підвищенню енергоефективності та зниженню експлуатаційних витрат. Системи забезпечують можливість збору великих обсягів даних для подальшого аналізу і оптимізації виробництва, а також інтеграцію з сучасними цифровими платформами та інструментами промислового Інтернету речей (IIoT). Особливу увагу приділено питанням безпеки виробничого процесу: автоматизовані системи дозволяють здійснювати контроль аварійних станів, зупинку обладнання у разі перевантаження, блокування небезпечних зон і дистанційне керування критичними вузлами. Це значно знижує ризик травматизму персоналу та забезпечує стабільну роботу установок.

Таким чином, автоматизація подрібнення грубих кормів не лише покращує функціонування окремих агрегатів, а й забезпечує комплексну оптимізацію виробничого процесу, підвищує економічну стійкість підприємства, сприяє сталому розвитку тваринницького виробництва та створює передумови для інтеграції з сучасними системами «розумного фермерства» та цифрового управління кормовими технологіями.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сергієнко В. С. Автоматизована система керування технологічним обладнанням заводу з виробництва кормів: магіст. дис. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 76 с.

УДК 004.3:681.5

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ 3D-ПРИНТЕРА НА БАЗІ КОНТРОЛЕРА ARDUINO

Замковий Б. В., бакалавр, e-mail: mrs.dozersua@gmail.com
Науковий керівник – PhD Ковальчук Д. М., e-mail: kovalchuk.mitia@gmail.com
Державний біотехнологічний університет

Розробка програмно-апаратних модулів для 3D-принтеру на базі контролера Arduino є важливим напрямом у сфері адитивних технологій, оскільки дозволяє створювати доступні, гнучкі та масштабовані рішення для швидкого прототипування та малосерійного виробництва. Сучасні 3D-принтери широко застосовуються у промисловості, освіті та наукових дослідженнях, проте значна частина комерційних рішень є дорогими та обмеженими у можливостях модифікації. Використання відкритих апаратно-програмних платформ, таких як Arduino, дає змогу створювати ефективні системи керування з мінімальними витратами та високим рівнем адаптивності.

Актуальність роботи зумовлена потребою у розробці універсальних та економічно доцільних рішень для керування 3D-принтерами, які забезпечують точність позиціонування, стабільність процесу друку та можливість інтеграції з різними периферійними пристроями. Особливого значення набуває створення модульної архітектури системи, яка дозволяє легко модернізувати як апаратну, так і програмну складову без повної заміни обладнання.

Метою роботи є розробка та реалізація програмно-апаратних модулів для 3D-принтера на базі мікроконтролера Arduino.

У якості центрального керуючого елемента було використано мікроконтролер Arduino Mega 2560, що забезпечує достатню кількість цифрових та аналогових входів/виходів для підключення всіх необхідних модулів 3D-принтера. Для керування кроковими двигунами осей X, Y та Z, а також екструдером, застосовано драйвери типу A4988, які реалізують мікрокроковий режим роботи, що дозволяє підвищити точність позиціонування та зменшити вібрації.

Система переміщення побудована на основі крокових двигунів NEMA 17, що забезпечують достатній крутний момент та точність для задач 3D-друку. Для визначення початкових положень осей використано кінцеві вимикачі, які дозволяють реалізувати процедуру калібрування та запобігти виходу механізмів за межі робочої зони.

Важливим елементом системи є модуль керування температурою. Для нагріву екструдера та платформи використано нагрівальні елементи (heater cartridge та heated bed), а контроль температури здійснюється за допомогою термісторів типу NTC. Зчитування температурних даних та формування керуючих сигналів реалізовано за допомогою ПІД-регулятора, що дозволяє підтримувати стабільний температурний режим із високою точністю.

Програмна частина системи реалізована на базі прошивки Marlin, адаптованої під обрану конфігурацію апаратного забезпечення. Прошивка забезпечує обробку G-коду, керування рухомими вузлами, підтримку температурних режимів, а також взаємодію з користувачем через LCD-дисплей та енкодер. Додатково реалізовано функції захисту, такі як контроль перегріву та аварійне відключення у разі відмови датчиків.

Таким чином, у результаті виконаної роботи було розроблено повноцінну програмно-апаратну платформу для 3D-принтера на базі контролера Arduino.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 3D-принтер – будова і особливості друку. URL: http://ipkey.com.ua/uk/partners-6/1303-3d-printjer-ustrojstvo-i-osobjennostipjechati.html#google_ vignette

UDC 519.6

MODERN NUMERICAL METHODS AS THE BASIS OF COMPUTER MODELING, ENGINEERING CALCULATIONS, AND DATA ANALYSIS

Kapiton A.M., d.p.s, professor, e-mail: kits_seminar@ukr.net
Kondratyuk Yuriy
Poltava Polytechnic National University

Modern numerical methods are a fundamental tool of applied mathematical analysis, providing approximate solutions for complex mathematical models. The use of computer power allows to eliminate the limitations of analytical approaches in cases where finding an exact solution is impossible or resource-consuming. The basic list of highly efficient algorithms includes spectral methods, fast Fourier transform (FFT), Monte Carlo method, as well as finite element methods (FEM) and finite difference methods, which form the basis of modern engineering analysis.

The classification of numerical methods is based on the type of mathematical problems for which they are used: computational linear algebra, nonlinear analysis, numerical modeling of differential equations, integration and approximation, optimization, and stochastic modeling.

Computational linear algebra – the main task is the development and implementation of algorithms for solving large systems of linear algebraic equations (SLAs). Along with the classical Gaussian method, iterative procedures (in particular, the Jacobi and Seidel methods) and specialized methods for processing sparse matrices are widely used, which is critically important for memory optimization.

Analysis of nonlinear dependencies – the study of nonlinear equations is based on iterative approaches, such as Newton-Raphson and secant methods, as well as a wide range of algorithms for minimizing functions of many variables. Numerical modeling of differential equations – to solve ordinary differential equations (ODEs) and partial differential equations (PDEs), multi-step Runge-Kutta schemes are used, as well as space discretization methods (FEM and finite difference methods), which allow reproducing complex physical processes.

Integration and approximation are provided using quadrature formulas (Newton-Cottes, Simpson's methods, trapezoids and rectangles), which allows calculating definite integrals with a given level of error. Optimization and stochastic modeling includes the use of genetic algorithms and stochastic methods, among which the Monte Carlo method is a key one, indispensable in modeling complex systems with random parameters.

The modern evolution of numerical methods is characterized by three defining factors: High performance and parallelism, Standardization and software implementation, Multiplatform. High performance and parallelism – algorithms are adapted to the architecture of graphics processing units (GPU) and distributed computing clusters for processing large data sets. Standardization and software implementation – the use of specialized high-level libraries (such as BLAS, LAPACK, SciPy and PETSc) ensures the reliability and stability of calculations. Multiplatform, where the main tools for implementing algorithms are the programming languages C++, Python and R, which allows integrating mathematical calculations into complex software systems.

Thus, modern numerical methods form the basis for scientific and technological progress, ensuring high accuracy of computer modeling, predictive analysis in engineering and the development of artificial intelligence systems.

REFERENCE

1. Information technology and automation – 2025. URL: https://ontu.edu.ua/download/konfi/2025/Collection-of-abstracts-of-the-conference-ITIA-2025.pdf

2. Numerical Computation, Data Analysis and Software in Mathematics and Engineering. URL: https://mdpi-res.com/bookfiles/book/5870/Numerical_ omputation _Data_Analysis_ and_Software_in_Mathematics_and_Engineering.pdf?v=1751159152

УДК 004.4:004.75

РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ВИСОКОНАВАНТАЖЕНОГО ВЕБРЕСУРСУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОННОЇ КОМЕРЦІЇ

Кащен В. О., студент
Піскачова І. В., к.т.н., с.н.с., e-mail: piskachova@btu.kharkiv.ua
Державний біотехнологічний університет

На сучасному етапі стрімкого розвитку цифрової економіки та глобальної інформатизації суспільства сектор електронної комерції (e-commerce) демонструє безпрецедентне зростання. Перехід більшості бізнес-процесів в онлайн-простір значно змінив парадигму взаємодії між продавцем та покупцем. Разом із геометричним збільшенням кількості активних користувачів мережі Інтернет пропорційне зростають вимоги до технічної складової вебресурсів [1]. Стрімкий розвиток цифрової економіки висуває нові вимоги до продуктивності та надійності вебплатформ. Для проєктів у сфері e-commerce критично важливою є здатність системи обробляти велику кількість запитів одночасно без втрати швидкості відгуку. Тому, задача розробка архітектури високонавантаженого вебресурсу для електронної комерції є актуальною задачею.

Були проведені дослідження принципів побудови архітектури масштабованих систем, також спроєктована структура бази даних для інтернет-магазину. Вибір стеку MERN (MongoDB, Express.js, React, Node.js) для даного проєкту електронної комерції обумовлений його здатністю забезпечувати максимальну продуктивність та масштабованість. Фронтенд-частина, реалізована на React, забезпечує високу швидкість взаємодії з користувачем завдяки механізму Virtual DOM [3]. Node.js у зв'язці з фреймворком Express.js забезпечує швидку асинхронну обробку тисяч одночасних API-запитів без блокування основного потоку виконання [4]. MongoDB Atlas — повністю керована хмарна версія документо-орієнтованої бази даних. Вона надає готові інструменти для автоматичного резервного копіювання, моніторингу продуктивності та географічного розподілу даних (Global Clusters), що є життєво необхідним для стійкості інтернет-магазину [2].

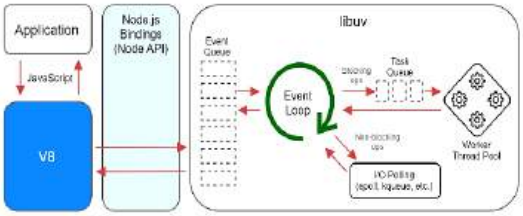


Рисунок 1 – Архітектура середовища Node.js та життєвий цикл Event Loop

Використання хмарної інфраструктури Vercel та мікросервісного підходу дозволяє системі динамічно реагувати на непередбачувані сплески активності покупців, зберігаючи при найвищу стабільність та швидкість роботи [1]. В рамках дослідження було визначено, що вибрана архітектурою для таких рішень є оптимальної. Розроблений прототип підтвердив ефективність обраних рішень при виконанні базових сценаріїв: авторизації, керування кошиком та перегляду каталогу.

Тестування діючого прототипу продемонструвало стабільну роботу основних модулів системи та підтвердило життєздатність обраної архітектури для високонавантаженого вебресурсу для електронної комерції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications. O'Reilly Media. 2017. 616 p.
2. Banker K., Bakkum P., Verch S. MongoDB in Action. Manning Publications. 2016. 480 p.
3. Haverbeke M. Eloquent JavaScript: A Modern Introduction to Programming. No Starch Press. 2018. 472 p.
4. Документація Node.js. URL: https://nodejs.org/en/docs/

УДК 004.942:621.3.015.5:662.94

НАПРУГА ПРОБОЮ В ПОВІТРЯНОМУ ЗАЗОРІ КОАКСІАЛЬНО-КОНІЧНОГО ПАЛЬНИКА: МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ ТА СКЛАДУ СУМІШІ В MATLAB

Ковальчук О. І., аспірант, e-mail: orest.kovalchuk@nubip.edu.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Заблодський М. М.
Національний університет біоресурсів і природокористування України

У центрі уваги цієї роботи — стабільність високовольтного розряду в установках, що працюють на водо-вуглеводневих сумішах. Оскільки цей показник критично залежить від геометрії розрядника та властивостей газового середовища, було проведено серію розрахунків для коаксіально-конічної пари електродів (висота H = 39 мм, діапазон зазорів d від 3 до 20,5 мм при атмосферному тиску) [1].

Основне завдання полягало у сценарному прогнозуванні напруги пробою U_{bd} за допомогою розробленого в MATLAB інструментарію (скрипт run_breakdown_environment_chain.m). В основу моделі покладено відому емпіричну залежність для сухого повітря:

$$U_{bd,\text{кВ}} \approx 24{,}22 \cdot x + 6{,}08 \cdot \sqrt{x},$$

де x — зведений зазор у см [2]. Для адаптації формули до реальних умов експлуатації ми впровадили ланцюжок модифікаторів:

- Вологість: розраховувалася через рівняння Магнуса з обмеженням коефіцієнта k_h у межах 0,85…1,20.
- Динаміка середовища: враховано вплив обдуву через параметр k_f.
- Склад суміші: вплив пропану оцінювався через частку C за допомогою коефіцієнта k_m.
- Геометрія: окремо аналізувався розподіл напруги вздовж осі z з урахуванням 10-відсоткового довірчого інтервалу.

Отримані результати моделювання демонструють такі закономірності:

- Базові значення: за температури 20 °C у сухому повітрі U_{bd} варіюється від 10,6 кВ (d = 3 мм) до 58,4 кВ (d = 20,5 мм).
- Фактор вологості: при 20 °C зростання відносної вологості з 35 % до 88 % спричиняє підвищення пробійної напруги майже на 19 %.
- Вплив потоку та палива: інтенсивний обдув (до 60 м/с) [3] додає до стійкості зазору ще близько 18%. Водночас додавання 30 % пропану підвищує поріг пробою з 10,6 кВ до 14,3 кВ.
- Критичні зони: аналіз профілю за віссю z підтвердив, що мінімум U_{bd} фіксується на «плечі» конуса, де відстань між електродами є найменшою.

Запропонований алгоритм дозволяє оперативно коригувати параметри живлення плазмотрона залежно від поточних умов. Наступним етапом стане верифікація цих розрахунків на експериментальному стенді.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Numerical Modeling and Investigation of Streamer Breakdown in a Coaxial Plasma Torch Based on Townsend Processes / N. Zablodskiy et al. *2024 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET)*, Dubai, United Arab Emirates, 27–28 December 2024. 2024. P. 1–5. URL: https://doi.org/10.1109/iceet65156.2024.10913556 (date of access: 02.04.2026).

2. Preface to Second Edition. *High Voltage Engineering Fundamentals*. 2000. P. xi–xiii. URL: https://doi.org/10.1016/b978-075063634-6/50000-9 (date of access: 02.04.2026).

3. Transient Spark Discharges in High-Velocity Airflow / R. W. Macpherson et al. *IEEE Transactions on Plasma Science*. 2024. P. 1–8. URL: https://doi.org/10.1109/tps.2024.3379834 (date of access: 02.04.2026).

УДК 123.1

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ КОМПАНІЇ – ПОСТАЧАЛЬНИКА ПОСЛУГ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ

Колісник Я. С., бакалавр, e-mail: chub.irina.nik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Чуб І. М.
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах нестабільності енергетичної системи особливої актуальності набуває питання забезпечення безперебійного електропостачання як для населення, так і для підприємств. Зростання попиту на альтернативні джерела живлення, такі як генератори, акумуляторні системи та сонячні панелі, зумовлює необхідність створення ефективних інструментів для їх вибору та придбання.

Аналіз сучасного ринку показав відсутність спеціалізованих інформаційних систем, які б об’єднували широкий асортимент енергообладнання та забезпечували зручний механізм підбору продукції відповідно до потреб користувача. Це призводить до складності вибору, втрати часу та підвищення ризику неправильного підбору обладнання.

Метою роботи є розробка інформаційної системи у вигляді вебзастосунку для автоматизації процесів пошуку, вибору та придбання альтернативних джерел живлення. Запропонована система буде забезпечувати централізоване представлення товарів, їх класифікацію за категоріями та характеристиками, а також реалізацію функцій фільтрації та сортування.

Функціональні можливості системи включають створення особистого кабінету користувача, механізми реєстрації та авторизації, формування кошика замовлень, обробку транзакцій та можливість залишення відгуків. Також передбачено реалізацію адміністративної панелі для управління контентом, яка дозволяє додавати та редагувати товари, контролювати замовлення та аналізувати діяльність системи.

Архітектура розробленої інформаційної системи базується на клієнт-серверній моделі, що забезпечує ефективну взаємодію між користувачем та сервером. Клієнтська частина реалізована із застосуванням HTML, CSS та JavaScript, що забезпечує зручний та адаптивний інтерфейс користувача. Серверна частина побудована на основі фреймворку Django мовою програмування Python, що дозволяє реалізувати бізнес-логіку та обробку запитів.

Для зберігання даних використано реляційну базу даних PostgreSQL, яка забезпечує надійність та ефективність роботи з великими обсягами інформації. Розгортання системи здійснено на хмарній платформі Heroku, що дозволяє забезпечити масштабованість, доступність та безперебійну роботу вебзастосунку.

Особливу увагу приділено забезпеченню інформаційної безпеки системи. Використано вбудовані механізми захисту фреймворку Django від типових вебзагроз, таких як SQL-ін’єкції, міжсайтові атаки та несанкціонований доступ до даних.

Розроблена система дозволяє значно спростити процес вибору альтернативних джерел живлення, підвищити рівень енергетичної незалежності користувачів та оптимізувати процеси електронної комерції у сфері енергообладнання.

Таким чином, упровадження запропонованої інформаційної системи сприяє підвищенню ефективності взаємодії між постачальниками та споживачами енергетичного обладнання, а також забезпечує зручний і надійний інструмент для вирішення задач енергозабезпечення в умовах сучасних викликів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1.Документація Django. URL: https://docs.djangoproject.com/en/6.0/

УДК 66.047:681.5:519.876

ДВОРЕЖИМНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В КАМЕРНИХ КОНВЕКТИВНИХ СУШАРКАХ

Мельник В. С., аспірант, e-mail: melnikvs@ukr.net
Науковий керівник – к.т.н., доц. Смітюх Я. В.
Національний університет харчових технологій

Камерні конвективні сушарки широко використовуються в харчовій промисловості для сушіння різноманітної сировини, в тому числі продукції АПК. Забезпечення швидкодіючого регулювання температури в камері конвективної сушарки із високими показниками якості регулювання є актуальним науково-практичним завданням.

Для проведення досліджень систем керування камерними конвективними сушарками побудована експериментальна сушарка із мультисенсорною системою вимірювань: температури зовнішнього повітря, температури та відносної вологості повітря в сушильній камері, маси завантаженої сировини, споживання електроенергії, вимірюване лічильником. Програмне задавання алгоритмів керування реалізовано на одноплатному комп'ютері Raspberry Pi 5 [1].

Для вирішення поставленого завдання використовуються два режими керування температурою: режим інтенсивної зміни температури та режим ПІД-регулювання. Система керування в реальному часі здійснює вимірювання параметрів процесу сушіння, які подаються на входи двох нейромереж. Перша нейромережа визначає момент перемикання з режиму швидкої зміни температури на режим ПІД-регулювання температури з метою запобігання перерегулюванню. Друга нейромережа визначає вихід ПІД-регулятора у момент перемикання для задавання керуючого впливу, максимально наближеного до необхідної потужності нагрівання для отримання заданої температури в камері сушарки. Нейромережі навчались на даних, отриманих в ході експериментальних сушінь.

У першому режимі здійснюється швидка зміна температури (нагрів або охолодження) шляхом подачі максимальної потужності на електричний нагрівач або повного його вимкнення. Після досягнення визначеного з допомогою першої нейромережі моменту перемикання система керування переходить до режиму ПІД-регулювання температури. Друга нейромережа забезпечує ініціалізацію ПІД-регулятора в момент перемикання для початку його роботи одразу із значенням виходу, максимально близьким до необхідного для утримання заданої температури. Таке поєднання дозволяє інтенсифікувати процес сушіння за рахунок швидкого досягнення заданої температури та можливості роботи поблизу максимально допустимих температур завдяки мінімізації можливих перерегулювань та коливань температури після перемикання режимів.

Реалізована швидкодіюча система регулювання температури в камері конвективної сушарки поєднує режим швидкої зміни температури та режим ПІД-регулювання із безударним перемиканням між ними на основі нейромережевого визначення параметрів перемикання, що дозволяє підвищити швидкість переходу між технологічними режимами сушіння при забезпеченні високої якості регулювання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мельник В. С., Смітюх Я. В. Експериментальна установка для дослідження систем автоматичного керування сушінням харчових продуктів. *Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами: матеріали XI Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції*, 27 листопада 2024 р. Київ: НУХТ, 2024. С. 20–21.

УДК 123.1

РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Настусенко С. Ю., бакалавр, e-mail: chub.irina.nik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Чуб І. М.
Державний біотехнологічний університет

В умовах зростання конкуренції на ринку харчової продукції особливої актуальності набуває автоматизація бізнес-процесів підприємств. Зокрема, у сфері виробництва кондитерських виробів важливим є впровадження інформаційних систем, що забезпечують ефективне управління замовленнями, ресурсами та технологічними процесами.

Зі збільшенням кількості споживачів зростає потреба у зручних інструментах взаємодії з клієнтами, що реалізується через використання вебтехнологій. Вебсайт підприємства виконує функції не лише представлення продукції, але й забезпечує обробку замовлень, зберігання історії взаємодії та підтримку прийняття управлінських рішень.

Розроблена інформаційна система орієнтована на автоматизацію діяльності домашньої кондитерської та включає ряд функціональних модулів, зокрема каталог продукції, фотогалерею, конструктор тортів та модуль складання технологічних карт. Це дозволяє забезпечити інтегровану підтримку як клієнтської взаємодії, так і внутрішніх виробничих процесів.

У результаті дослідження було розроблено програмне забезпечення для планування виробництва кондитерських виробів. Було спроєктовано та розроблено структуру бази даних та вебсайту з наступними модулями: модуль каталогу товарів, модуль галереї, модуль сторінки замовлення товару, модуль конструктор тортів та модуль складання технологічних карт для оптимізації експедиторської діяльності щодо закупівлі продуктів для виготовлення продукції.

Особливу роль у системі відіграє модуль формування технологічних карт, який забезпечує стандартизацію процесів виробництва. Технологічні карти дозволяють формалізувати рецептури, регламентувати послідовність операцій та визначати необхідні ресурси для виготовлення продукції. Це сприяє підвищенню якості продукції, зменшенню кількості помилок та оптимізації використання сировини.

Реалізація модуля здійснена з використанням технології Node.js та передбачає роботу з даними у форматі JSON. Рецептурні карти представлені у вигляді структурованих об’єктів, що містять інформацію про склад інгредієнтів та їх кількісні характеристики. Наряд-замовлення формується у вигляді відповідного JSON-об’єкта, який визначає обсяги виробництва продукції.

Алгоритм обробки даних передбачає зіставлення рецептурних карт із замовленнями та обчислення загальної потреби у кожному інгредієнті. У результаті формується двовимірна структура даних, що відображає залежність між рецептами та інгредієнтами. Кінцевий результат подається у вигляді таблиці у форматі CSV, що дозволяє використовувати його для подальшого аналізу та планування закупівель.

Запропонований підхід забезпечує автоматизацію розрахунків, підвищує точність визначення ресурсних потреб та сприяє ефективному управлінню виробництвом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Черевко О. І. та ін. Технологічне проектування підприємств харчування: навч. посібник. Харків : ХДУХТ, 2005. 295 с.

УДК 663.8

АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ХЛІБНОГО КВАСУ

Орловський Д. Є., здобувач РВО бакалавр,
Панов А. О., e-mail: panovanton1994@gmail.com
Науковий керівник – д.т.н., проф. Тимчук С. О.
Державний біотехнологічний університет

Квас — це охолоджувальний напій з приємним ароматом житнього хліба і гармонійним кисло-солодким смаком, насичений діоксидом вуглецю. Завдяки своєму низькому вмісту алкоголю він належить до категорії безалкогольних напоїв, які чудово втамовують спрагу, освіжають та додають енергії [1].

Виробництво хлібного квасу бродіння та окрошкового квасу включає такі етапи:

- підготовка сировини та напівфабрикатів;
- приготування квасного сусла;
- бродіння сусла;
- охолодження та купажування квасу;
- розлив квасу в ємності.

Розробка блок-схеми алгоритму представляє простий вигляд системи керування технологічним процесом з послідовним аналізом та обранням потрібної дії. Блок-схема алгоритму системи керування процесом виробництва хлібного квасу представлено на рисунок 1, і має наступний опис [2].

Після натискання кнопки пуск вмикається сирена та таймер з відстрочкою на 15 секунд. Після проходження заданих 15 секунд роботи вимикається сирена та вмикаються приводи зберігальної камери та пакувального автомату. Перевірка датчиків на роботу електроприводів ЗК та ПА подається сигнал на вмикання привода фасувальної машини.

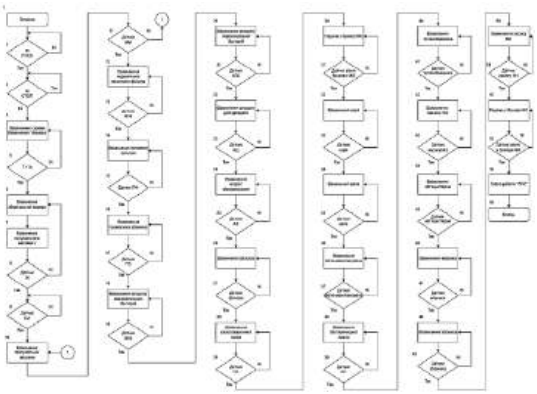


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритму керування процесом виробництва хлібного квасу

Перевірка датчика електропривода ФМ подає сигнал на вмикання привода керамічного свічкового фільтра, та так само після перевірки на роботу КСФ вмикається пісковий фільтр.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гладишева О., Стеценко Н. Використання дигідрокверцетину при виробництві квасу оздоровчого призначення. *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 85 Ювілейної міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, присвяченої 135-річчю Національного університету харчових технологій*, 11–12 квітня 2019 р. К.: НУХТ, 2019. Ч. 1. С. 55.

2. Мікропроцесорні керуючі пристрої: метод. вказівки до виконання практичних робіт з дисц. «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за ОПП зі спец. 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Х.: ДБТУ, 2023. 18 с.

УДК 004.94

ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ РОЗПОДІЛЕНОЮ ГЕНЕРАЦІЄЮ

Притула І. І., аспірант, e-mail: s.tymchuk@itp.sumdu.edu.ua
Науковий керівник – д.т.н., проф. Тимчук С. О.
Сумський державний університет

В умовах регулярних графіків погодинних відключень електроенергії забезпечення автономності домогосподарств потребує ефективних алгоритмів управління. Класичні системи енергоменеджменту оптимізовані для стабільних мереж: вони або максимізують власне споживання, або примусово тримають батареї зарядженими від загальної мережі,

Для пошуку оптимального балансу сучасні дослідження застосовують модельне прогнозуюче керування (MPC) [1]. Його доцільно поєднувати з нечіткою логікою (Fuzzy Logic), яка дозволяє системі гнучкіше реагувати на непередбачувані зміни погоди [2].

У цій роботі пропонується архітектура середовища імітаційного моделювання (рис. 1) для дослідження гібридного алгоритму Fuzzy-MPC в умовах віялових відключень, побудована за модульним принципом із використанням відкритих бібліотек.

Модуль підготовки даних формує вхідні параметри, об'єднуючи кліматичні бази TMY, профілі споживання Open Power System Data (OPSD) та графіки ГПВ.

Модуль фізичної симуляції відіграє роль цифрового двійника. Робота сонячних панелей та інвертора моделюється за допомогою бібліотеки pvlib.

Модуль прийняття рішень має дворівневу структуру. Верхній рівень (контролер нечіткої логіки на базі scikit-fuzzy) за правилами Мамдані оцінює рівень заряду та очікуваний дефіцит енергії. Математичний оптимізатор нижнього рівня формує графік заряду, мінімізуючи витрати на електроенергію та штрафи за втрату живлення.

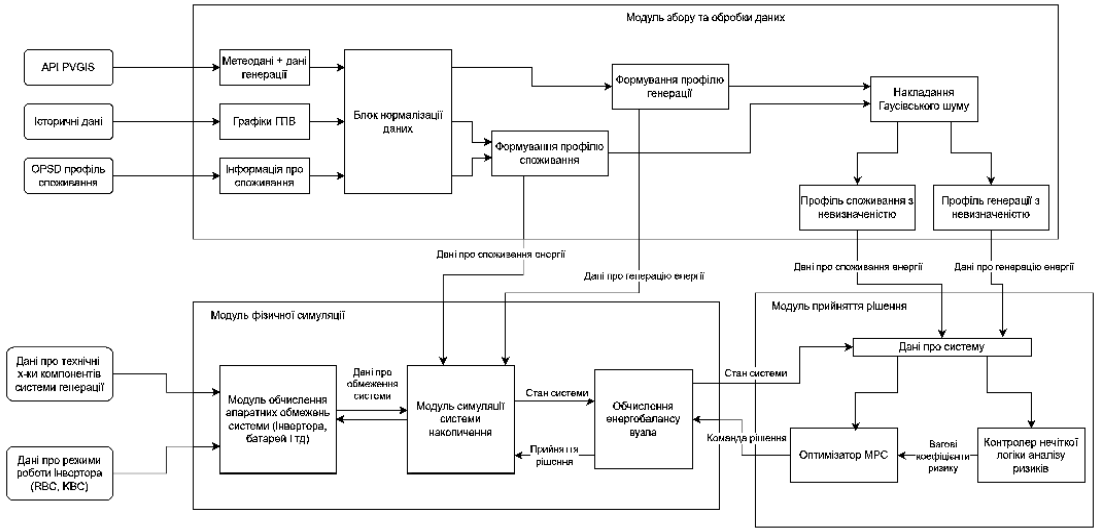


Рисунок 1 – Архітектура інформаційної СППР

Запропонована архітектура створює гнучке середовище для дослідження мікромереж.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Luna, A. C., Diaz, N. L., Graells, M., Vasquez, J. C., & Guerrero, J. M. (2017). Mixed-Integer-Linear-Programming-Based Energy Management System for Hybrid PV-Wind-Battery Microgrids: Modeling, Design, and Experimental Verification. IEEE Transactions on Power Electronics, 32(4), 2769-2783. URL: https://doi.org/10.1109/TPEL.2016.2581021

2. Alhasnawi, B. N., Jasim, B. H., Issa, W., & Esteban, M. D. (2022). Microgrid Energy Management System Based on Fuzzy Logic and Monitoring Platform for Data Analysis. Energies, 15(11), 4125. URL: https://doi.org/10.3390/en15114125

УДК 681.5; 66.047

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КОНЦЕНТРУВАННЯ ЯБЛУЧНОГО СОКУ

Пугач Д. Є., магістр, e-mail: dmytropugah@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Мошоріз М. М.
Вінницький національний технічний університет

Для забезпечення ефективної роботи випарної установки розроблено електромеханічну систему автоматизації, яка включає контури контролю та регулювання основних технологічних параметрів. Регулювання вакууму реалізовано шляхом керування подачею охолоджувальної води до конденсатора, що дозволяє адаптувати роботу системи до змін теплового навантаження. Температурні режими контролюються за допомогою відповідних сенсорів, а рівень продукту — ємнісними датчиками, що забезпечує безперервність і безпеку процесу.

У ході виконання роботи було розроблено та обґрунтовано електромеханічну систему автоматизації процесу уварювання яблучного соку у багатокамерній вакуум-випарній установці. Основним результатом роботи є створення функціональної схеми автоматизації, яка забезпечує стабільне керування температурою, тиском, рівнем та продуктивністю насосного обладнання на всіх етапах концентрування.

У результаті впровадження запропонованої системи досягається підвищення енергоефективності процесу за рахунок раціонального використання вторинної пари, зниження температур випаровування та застосування частотного регулювання електроприводів. Автоматичне підтримання вакууму дозволяє уникнути перевитрат пари та охолоджувальної води, що безпосередньо зменшує експлуатаційні витрати підприємства.

Вибір сучасних сенсорів температури, тиску та рівня забезпечує точний і безперервний контроль технологічних параметрів, що мінімізує вплив людського фактора та знижує ймовірність аварійних ситуацій. Моделювання електроприводу в середовищі Matlab-Simulink підтвердило коректність розрахунків і показало стабільну роботу системи без перевищення допустимих механічних і електричних навантажень.

Завдяки автоматизації процесу уварювання забезпечується стабільна якість кінцевого продукту, збереження його смакових та ароматичних властивостей, а також підвищення загальної продуктивності випарної станції. Отримані результати свідчать про економічну доцільність та практичну ефективність впровадження розробленої електромеханічної системи в умовах реального харчового виробництва

Запропоновано електромеханічну систему автоматизації процесу концентрування яблучного соку на багатокорпусній вакуум-випарній установці з використанням електроприводів з частотним регулюванням. Дана система є чітко регульованою та забезпечує підвищення енергоефективності на 8-12% відносно інших розповсюджених систем.

Практичне значення роботи полягає у користі розробленого способу автоматизованого керування процесом концентрування яблучного соку на багатокорпусній вакуум-випарній установці з урахуванням основних технологічних параметрів. Запропонований спосіб реалізовано у вигляді електромеханічної системи автоматизації з використанням сучасних засобів вимірювання та частотного керування електроприводами і може бути впроваджений у промислових умовах. Застосування системи дозволяє знизити енерговитрати, стабілізувати процес випаровування та підвищити якість готового концентрату.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технологія переробки плодів і овочів: навчальний посібник. Київ: НУХТ, 2020.
2. Кузнєцов В. Г. Електропривод і автоматизація промислових установок. Харків: ХНТУ, 2018.
3. Siemens AG. SINAMICS G120 Operating Instructions. 2022.

УДК 697.34:681.5

АВТОМАТИЗОВАНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ В САНІТАРНОМУ ПУНКТІ

Радченко К. В., здобувач РВО бакалавр, e-mail: radc4enkoksen1ya@gmail.com
Нечитайло Ю. А., к.т.н., доц., e-mail: nechitaylo@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

Забезпечення нормативного мікроклімату в санітарних пунктах (медпунктах) є важливою складовою функціонування закладів охорони здоров'я. Порушення температурного режиму може негативно впливати як на стан пацієнтів і працездатність медичного персоналу, так і на умови зберігання лікарських препаратів. Відповідно до санітарних норм, оптимальна температура в приміщеннях, де персонал виконує роботу в сидячому положенні, повинна становити 22–24 °С, що обумовлює необхідність застосування сучасних автоматизованих систем керування мікрокліматом. Для розробки такої САК необхідно провести аналіз принципів побудови та функціонування систем автоматизованого регулювання температури в санітарних пунктах, а також визначити їх ефективність у забезпеченні нормативних параметрів мікроклімату.

Системи автоматизованого регулювання температури в санітарних пунктах базуються на використанні комплексу технічних засобів, що забезпечують безперервний контроль і керування параметрами мікроклімату. До складу системи входять датчики температури, які здійснюють постійний моніторинг стану повітряного середовища, а також контролери (мікроконтролери), що виконують обробку отриманих даних і формують сигнали керування.

Як виконавчі пристрої застосовуються термостатичні клапани на радіаторах опалення, змішувальні вузли індивідуальних теплових пунктів, а також частотні перетворювачі для регулювання роботи вентиляційних систем. Додатково використовуються модулі моніторингу, які забезпечують передачу інформації на віддалені пристрої або сервери, що дозволяє здійснювати централізований контроль і оперативне реагування на відхилення параметрів. Функціональні можливості систем передбачають автоматичне підтримання заданої температури з урахуванням змін зовнішніх умов, регулювання параметрів припливного повітря, а також захист обладнання від замерзання шляхом примусового включення циркуляційних насосів. У спеціалізованих приміщеннях додатково здійснюється контроль вологості повітря в межах 45–55 %, що є необхідною умовою для запобігання розвитку мікроорганізмів. Важливою особливістю є можливість зонування, що дозволяє встановлювати різні температурні режими для окремих приміщень залежно від їх функціонального призначення (кабінети лікарів, процедурні, склади медикаментів тощо). Функціонування систем автоматизованого регулювання температури здійснюється відповідно до чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень». Застосування систем автоматизованого регулювання температури в санітарних пунктах забезпечує стабільне підтримання нормативних параметрів мікроклімату, підвищує комфорт і безпеку перебування пацієнтів і персоналу, а також сприяє збереженню якості медичних препаратів. Використання сучасних засобів автоматизації дозволяє підвищити енергоефективність інженерних систем, забезпечити оперативний контроль їх роботи та мінімізувати вплив людського фактора. Впровадження таких систем є важливим напрямом модернізації медичної інфраструктури та підвищення ефективності функціонування закладів охорони здоров'я.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Системи автоматизації інженерних мереж будівель: навч. посіб. / за ред. І. О. Сухіна. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. 256 с.

2. Energy Efficiency in Buildings: Heating and Ventilation Systems / International Energy Agency. Paris, 2019. 312 p.

УДК 697.34:681.5:004.9

СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ У СТУДЕНТСЬКИХ МІСТЕЧКАХ

Радченко О. В., здобувач РВО бакалавр, e-mail: aleksandr4872@gmail.com
Нечитайло Ю. А., к.т.н., доц., e-mail: nechitaylo@btu.kharkov.ua
Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах підвищення вартості енергоресурсів та необхідності раціонального їх використання особливої актуальності набуває впровадження енергоефективних технологій у сфері теплопостачання. Студентські містечка як об'єкти з розгалуженою інфраструктурою та значним енергоспоживанням потребують сучасних підходів до управління тепловими потоками. Використання систем автоматизованого керування теплопостачанням дозволяє підвищити ефективність використання енергії, забезпечити комфортні умови перебування та зменшити експлуатаційні витрати.

Основу таких систем становлять індивідуальні теплові пункти (ІТП), що встановлюються безпосередньо у кожній будівлі студмістечка. Це дає змогу регулювати подачу тепла залежно від зовнішніх умов і реальних потреб користувачів. Зокрема, можливе зниження температури в навчальних корпусах у неробочий час або у вихідні дні, що сприяє раціональному використанню енергії. Важливою складовою САКТ є автоматичне погодне регулювання, яке забезпечує зміну параметрів теплопостачання відповідно до температури зовнішнього повітря. Такий підхід дозволяє уникнути перевитрат теплової енергії та підвищити ефективність роботи всієї системи.

Сучасні системи також передбачають використання інформаційних технологій для моніторингу та управління. Автоматизований збір даних про споживання енергоресурсів дає змогу оперативно реагувати на аварійні ситуації, аналізувати ефективність роботи обладнання та приймати обґрунтовані управлінські рішення. Додатково впроваджується система диспетчеризації, яка забезпечує централізований контроль і керування всіма тепловими пунктами студмістечка з єдиного центру.

Ефективність застосування САКТ підтверджується практичними результатами: оптимізація роботи систем теплопостачання дозволяє знизити споживання теплової енергії в середньому на 20–40 %. Це, у свою чергу, забезпечує значне скорочення витрат на оплату енергоносіїв. Серед основних переваг впровадження таких систем слід відзначити підвищення рівня комфорту в приміщеннях завдяки стабільному температурному режиму, зменшення негативного впливу на довкілля через скорочення викидів парникових газів, а також підвищення надійності роботи теплових мереж. Автоматизовані системи дозволяють своєчасно виявляти та усувати несправності, що зменшує ризики аварійних ситуацій.

Упровадження систем автоматизованого керування теплопостачанням у студентських містечках є ефективним засобом підвищення енергоефективності та зниження витрат на енергоресурси. Застосування індивідуальних теплових пунктів, погодного регулювання та систем диспетчеризації забезпечує стабільне функціонування тепломереж і комфортні умови в приміщеннях. Автоматизація теплопостачання є важливим напрямом модернізації інженерної інфраструктури закладів вищої освіти.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ: Мінрегіон України, 2013. 141 с.

2. ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Настанова з проектування теплових пунктів. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 55 с.

3. Energy Efficiency in Buildings: Heating and Cooling Systems / International Energy Agency. Paris, 2019. 312 p.

4. Wang S. Intelligent Buildings and Building Automation. London: Routledge, 2010. 280 p.

УДК 174.1

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МЕМБРАННОЮ УСТАНОВКОЮ

Сорокін О. Х., бакалавр, e-mail: chub.irina.nik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Чуб І. М.
Державний біотехнологічний університет

Сучасні мембранні технології широко застосовуються для очищення та знесолення води в промислових і комунальних системах водопідготовки. Об’єктом дослідження є мембранна установка (МУ), в якій процес очищення відбувається шляхом пропускання води через напівпроникні мембрани під тиском, що перевищує осмотичний. У результаті відбувається розділення потоку на пермеат і концентрат, що забезпечує ефективне видалення розчинених солей і домішок.

Аналіз технологічного процесу показав, що ефективність роботи мембранної установки значною мірою залежить від таких параметрів, як тиск, температура та концентрація розчинних речовин у вихідної води. При цьому зміна температури впливає на продуктивність мембран, а надмірне підвищення тиску не завжди призводить до покращення якості очищення. Встановлено, що відсутність автоматизованого моніторингу та адаптивного регулювання параметрів призводить до зниження ефективності роботи мембранної установки та погіршення якості обробленої води. У зв’язку з цим актуальним є розроблення автоматизованої системи управління, яка забезпечує стабілізацію технологічних режимів.

У статті запропоновано функціональну схему автоматизації мембранної установки, що включає датчики тиску, температури та витрати, а також програмно-технічний комплекс на базі контролера Siemens S7-1500. Збір та передача даних здійснюється за допомогою промислових протоколів зв’язку, що забезпечує інтеграцію системи у загальну структуру управління підприємством.

Особливу увагу приділено розробці контуру автоматичного регулювання тиску лінії нагнітання МУ. Для цього було використано ПІД-регулятор, налаштований за методом модульного оптимуму, що дозволяє забезпечити відсутність перерегулювання та нульову статичну похибку. Отримані результати моделювання підтвердили відповідність показників якості заданим вимогам. Розроблено алгоритм керування насосом, який враховує залежність тиску від температури води та передбачає захист від аварійного режиму «сухого ходу». Це дозволяє підвищити надійність роботи обладнання та запобігти його пошкодженню.

У середовищі SimInTech виконано математичне моделювання роботи мембранної установки у штатних та аварійних режимах. Реалізовано систему візуалізації, моніторингу та керування технологічним процесом у режимі реального часу засобами SCADA TraceMode. Запропонована структура автоматизованої системи управління забезпечує централізований моніторинг, аналіз та оптимізацію технологічних параметрів у режимі реального часу.

Таким чином, розроблено автоматизовану систему управління мембранною установкою, яка забезпечує стабілізацію основних технологічних параметрів процесу очищення води.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Юрченко В. В., Притула В. М. Технічні засоби автоматизації для водоочищення. Львів: Наукова думка, 2021. 220 с.

УДК 123.1

РОЗРОБКА IoT-СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО МОНІТОРИНГУ МЕРЕЖЕВИХ І ПЕРИФЕРІЙНИХ ПРИСТРОЇВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ MQTT

Ставицький М. В., бакалавр, e-mail: chub.irina.nik@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., ст. викл. Чуб І. М.
Державний біотехнологічний університет

Зростання кількості мережевих і периферійних пристроїв та розвиток інформаційних технологій вимагають ефективного контролю їхнього стану та функціонування. Особливо актуальним є створення централізованих систем моніторингу, здатних забезпечити збір, обробку та аналіз даних у реальному часі.

Системи моніторингу відіграють важливу роль у забезпеченні стабільної роботи інформаційної інфраструктури, оскільки дозволяють своєчасно виявляти несправності, перевищення навантажень та інші критичні стани обладнання. Використання технологій Інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для реалізації таких систем завдяки інтеграції фізичних пристроїв у єдине інформаційне середовище.

У статті запропоновано концепцію IoT-системи централізованого моніторингу мережевих і периферійних пристроїв, яка базується на використанні протоколу MQTT. Даний протокол забезпечує ефективний обмін телеметричними даними між пристроями та сервером за рахунок використання моделі publish-subscribe, що дозволяє зменшити мережеве навантаження та підвищити масштабованість системи.

Основу системи становлять IoT-пристрої, які виконують функції збору даних про стан обладнання. Вони передають інформацію до MQTT-брокера, який виступає центральним вузлом маршрутизації повідомлень. Сервер обробки даних отримує повідомлення від брокера, здійснює їх аналіз та збереження у базі даних.

Архітектура системи реалізована за принципом багаторівневої структури, що включає рівень збору даних, рівень передавання повідомлень, сервер обробки та користувацький інтерфейс. Такий підхід забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість поступового розширення функціональних можливостей системи.

Для зберігання телеметричних даних використовується база даних, структура якої орієнтована на роботу з часовими рядами. Вона містить інформацію про пристрої, параметри моніторингу та історію отриманих значень, що дозволяє аналізувати динаміку роботи обладнання та прогнозувати можливі відмови.

Особливу увагу приділено організації передавання даних за протоколом MQTT. Використання ієрархічної структури топіків та формату повідомлень JSON дозволяє забезпечити зручність обробки інформації та розширюваність системи. Розроблена система забезпечує централізований контроль стану пристроїв, відображення даних у вигляді графіків та таблиць, а також можливість оперативного реагування на аварійні ситуації. Використання вебінтерфейсу дозволяє отримувати доступ до системи з будь-якого пристрою без необхідності встановлення додаткового програмного забезпечення.

Таким чином, запропонована IoT-система моніторингу на основі протоколу MQTT є ефективним рішенням для контролю мережевих і периферійних пристроїв у розподілених інформаційних системах. Вона забезпечує високу надійність, масштабованість та ефективність обробки телеметричних даних і може бути використана у різних сферах, включаючи промисловість, офісні мережі та навчальні лабораторії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технічна документація OASIS. MQTT Version 3.1.1. OASIS Standard. 2014. URL: https://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqttv3.1.1-os.pdf

УДК 633.1:681.78

АЛГОРИТМ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ФРАКЦІЙ ЗЕРНА НА ОСНОВІ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОЇ АРХІТЕКТУРИ YOLO ТА ОПТИЧНОГО АНАЛІЗУ

Степаненко С. П., д.т.н., с.н.с., e-mail: Stepanenko_s@ukr.net
Інститут механіки та автоматики агропромислового виробництва
Національної академії аграрних наук України

У сучасних умовах розвитку післязбиральної обробки зерна особливого значення набуває підвищення точності автоматизованого контролю якості та фракціонування зернових сумішей [1]. Одним із перспективних напрямів є використання методів комп'ютерного зору [1] та нейромережевих алгоритмів для аналізу геометричних і фізичних характеристик зерна пшениці.

У роботі запропоновано підхід до ідентифікації фракцій зерна на основі поєднання глибинної нейромережевої архітектури YOLO та методів аналізу зображень. Вхідною інформацією є цифрове зображення зернового шару, яке описується функцією яскравості:

$$I(x, y),$$

де (x, y) – координати пікселя.

Результатом роботи нейромережі є множина об'єктів:

$$I(x, y) \rightarrow \{B_i, \omega_i, p_i\}$$

де B_i – координати обмежувального прямокутника зернини, ω_i – клас (фракція), p_i – ймовірність розпізнавання.

Для переходу від геометричних параметрів до масових характеристик використано залежність між площею проекції та масою зерна:

$$m = k A_p^{1,5},$$

де $A_p^{\square}$ – площа проекції зернини, k – коефіцієнт, що враховує густину та форму зерна.

Важливим фактором, що впливає на точність оптичної детекції, є фізико-механічні властивості зернової маси, зокрема вологість W та засміченість Z. Узагальнена модель точності детекції має вигляд:

$$\eta = \eta_0 (1 - \alpha W)(1 - \beta Z)$$

де η – точність оптичної детекції, η_0 – базова точність системи, α, β – емпіричні коефіцієнти впливу.

Зі збільшенням вологості зерна відбувається зниження контрастності зображення внаслідок зміни оптичних властивостей поверхні, що ускладнює сегментацію зерен. Аналогічно, зростання засміченості призводить до появи додаткових об'єктів, які можуть бути помилково класифіковані як зерно.

Відносна похибка визначення маси зерна через площу проекції може бути оцінена як:

$$\varepsilon_m = \frac{\Delta m}{m} = \frac{3}{2} \frac{\Delta A}{A_p}.$$

Запропонований підхід дозволяє підвищити ефективність процесів фракціонування зерна за рахунок комплексного врахування геометричних, масових та оптичних характеристик. Використання нейромережевих алгоритмів у поєднанні з математичними моделями відкриває можливості для створення інтелектуальних систем управління зерноочисними процесами.

Дослідження виконано в рамках проєкту, що фінансується Національним фондом досліджень України (грант Президента України докторам наук для проведення наукових досліджень і розробок).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Stepanenko S., Kuzmych A., Kharchenko S., Borys A., Dnes V., Volyk D., & Kalinichenko R. (2025). A machine vision approach for grain quality control during separation. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 12(1), P. E9–E17. https://doi.org/10.21272/jes.2025.12(1).e2

УДК 004.056

РЕАЛІЗАЦІЯ МОДЕЛІ ЗАХИЩЕНОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У МЕРЕЖАХ IoT

Тихов О. І., бакалавр, e-mail: tihov.o1998@gmail.com
Науковий керівник – PhD Ковальчук Д. М., e-mail: kovalchuk.mitia@gmail.com
Державний біотехнологічний університет

Реалізація моделі захищеної передачі даних у мережах Інтернету речей (IoT) є важливим завданням у контексті стрімкого розвитку розподілених інтелектуальних систем, які широко застосовуються у промисловості, енергетиці, медицині та побуті. Збільшення кількості підключених пристроїв, обмежені обчислювальні ресурси вузлів та використання бездротових каналів зв'язку створюють суттєві ризики для безпеки інформації. У зв'язку з цим актуальним є розроблення ефективних моделей захищеної передачі даних, які забезпечують конфіденційність, цілісність та автентичність інформації при мінімальних витратах ресурсів.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю створення універсальних підходів до захисту даних у IoT-мережах, які враховують обмеження енергоспоживання, пам'яті та обчислювальної потужності пристроїв. Традиційні методи криптографічного захисту, що застосовуються у класичних комп'ютерних мережах, не завжди є ефективними для IoT-середовища, оскільки можуть створювати надмірне навантаження на вузли мережі та знижувати загальну продуктивність системи.

Метою роботи є розробка та практична реалізація моделі захищеної передачі даних у мережах IoT, яка забезпечує надійний рівень безпеки при оптимальному використанні ресурсів пристроїв. Для досягнення поставленої мети було виконано аналіз існуючих протоколів та механізмів захисту, обрано ефективні криптографічні алгоритми, розроблено структуру взаємодії вузлів та реалізовано програмну модель системи.

У запропонованій моделі використано багаторівневий підхід до забезпечення безпеки. На транспортному рівні реалізовано використання протоколу TLS/DTLS для захищеної передачі даних між вузлами мережі. З урахуванням обмежених ресурсів IoT-пристроїв застосовано полегшені криптографічні алгоритми, зокрема симетричне шифрування AES-128, яке забезпечує достатній рівень захисту при низькому рівні обчислювальних витрат. Для забезпечення автентифікації вузлів використано механізми обміну ключами на основі алгоритму Диффі-Хеллмана з еліптичними кривими (ECDH), що дозволяє зменшити обсяг переданих даних та прискорити процес встановлення захищеного з'єднання.

На прикладному рівні модель передбачає використання протоколу MQTT, який є одним із найбільш поширених у IoT-системах. Для підвищення безпеки передачі даних MQTT інтегровано з TLS, що забезпечує шифрування каналів зв'язку між клієнтами та брокером.

Апаратна реалізація моделі здійснена на базі мікроконтролерів, зокрема ESP32, які мають вбудовані засоби підтримки Wi-Fi та апаратного прискорення криптографічних операцій. Це дозволило реалізувати захищену передачу даних без суттєвого зниження продуктивності системи. У якості серверної частини використано брокер MQTT, розгорнутий на одноплатному комп'ютері або віддаленому сервері.

Отримані результати підтверджують доцільність використання комбінованого підходу до забезпечення безпеки в IoT-мережах. Запропонована модель дозволяє ефективно поєднати високий рівень захисту з оптимальним використанням ресурсів пристроїв, що є критично важливим для систем з великою кількістю вузлів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Що таке IoT технологія та як вона впливає на різні галузі. Київстар Бізнес Хаб. URL: https://hub.kyivstar.ua/articles/shho-take-iot-tehnologiya-ta-yak-vona-vplyvaye-na-rizni-galuzi

УДК 338.28

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ: ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УКРАЇНИ, РЕСПУБЛІКИ УЗБЕКИСТАН ТА ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Тошпулатов Б. Р., студент кафедри авіаційного транспорту,
e-mail: biloltoshpolatov684@gmail.com
Наукові керівники: ст. викл. Іващенко М. М., доц. Ратнакар Ю. В.
Інститут цивільної авіації Харківського національного університету
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Цифровізація цивільної авіації є ключовим напрямом розвитку авіаційної галузі, що забезпечує підвищення безпеки польотів, ефективності управління повітряним рухом та впровадження електронного документообігу. Особливого значення набуває правове регулювання використання інформаційних і комп'ютерно-інтегрованих технологій у сфері цивільної авіації, оскільки цифрова трансформація потребує уніфікованих нормативних підходів та міжнародної взаємодії.

У Європейському Союзі цифровізація цивільної авіації реалізується через інтегровані системи управління повітряним рухом, електронні сертифікати, цифрові платформи обміну даними та автоматизовані системи управління польотами. В Україні розвиток цифрових технологій пов'язаний із впровадженням електронних сервісів, автоматизованих систем управління та гармонізацією законодавства з європейськими стандартами. У Республіці Узбекистан цифровізація здійснюється шляхом модернізації авіаційної інфраструктури, впровадження автоматизованих систем управління повітряним рухом, електронних інформаційних ресурсів і цифрового документообігу.

Проблемою є відсутність єдиного підходу до правового регулювання цифрових технологій у цивільній авіації України та Республіки Узбекистан порівняно з Європейським Союзом, де цифрові системи функціонують у межах інтегрованого нормативного простору. Це ускладнює взаємодію інформаційних систем, електронний обмін даними та гармонізацію процедур у сфері авіаційного транспорту.

Порівняльний аналіз свідчить, що спільними напрямами цифрової трансформації є розвиток автоматизованих систем управління, електронного документообігу та інформаційних платформ. Водночас Європейський Союз характеризується більш високим рівнем інтеграції цифрових технологій, тоді як Україна та Республіка Узбекистан перебувають на етапі активної імплементації та вдосконалення правового забезпечення.

Отже, доцільним є подальша гармонізація нормативно-правової бази України та Республіки Узбекистан з європейськими стандартами цифровізації цивільної авіації, що сприятиме впровадженню комп'ютерно-інтегрованих технологій, підвищенню ефективності управління повітряним рухом та забезпеченню безпеки польотів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Повітряний кодекс України: Закон України від 19.05.2011 № 3393-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3393-17 (дата звернення: 28.03.2026).

2. Regulation (EU) 2018/1139 of the European Parliament and of the Council of 4 July 2018 on common rules in the field of civil aviation and establishing a European Union Aviation Safety Agency. URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2018/1139/oj (дата звернення: 28.03.2026).

3. Air Code of the Republic of Uzbekistan. Law of the Republic of Uzbekistan. URL: https://lex.uz (дата звернення: 28.03.2026).

4. ICAO Global Air Navigation Plan (Doc 9750). International Civil Aviation Organization. Montreal, 2016. URL: https://www.icao.int (дата звернення: 28.03.2026).

УДК 637.234

АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИРОБНИЦТВА ВЕРШКОВОГО МАСЛА

Труфанов А. С., здобувач РВО бакалавр
Панов А. О., e-mail: panovanton1994@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н. Демченко К. В.
Державний біотехнологічний університет

Вершкове масло є концентратом молочного жиру, який цінується завдяки своїм біологічним і смаковим властивостям. Молочний жир має оптимально збалансований склад жирних кислот, багатий на жиророзчинні вітаміни, відзначається низькою температурою плавлення та добре засвоюється організмом [1]. Смак, запах і термін зберігання масла безпосередньо залежать від якості використовуваних молока і вершків. Тому вибір інгредієнтів слід здійснювати максимально ретельно. Оскільки людські можливості обмежені і не дозволяють забезпечити стабільно високий рівень управління всіма аспектами технологічних процесів, важливим стає впровадження комплексної автоматизації [2].

Блок-схема алгоритму керування процесу виробництва вершкового масла представлена на рисунку 1 і має наступний опис до цього [3].

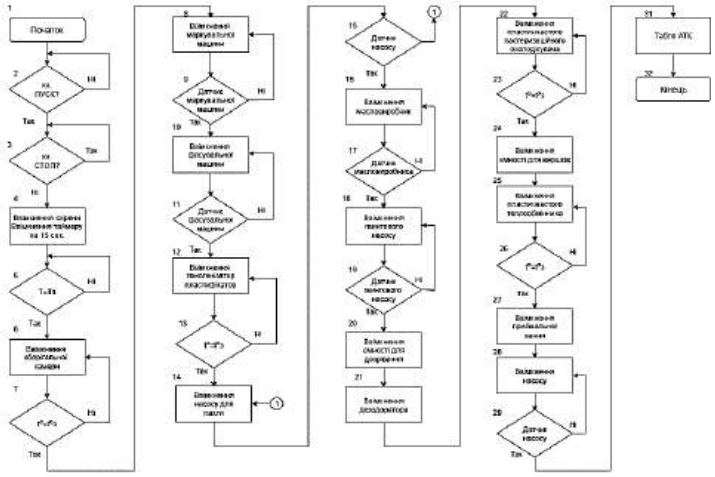


Рисунок 1 – Алгоритм керування технологічним процесом виробництва вершкового масла

При натисканні на кнопку ПУСК вмикається сирена та таймер роботи сирени на 15 секунд. Після роботи сирени відправляється сигнал на датчик цього таймера і при відповідності вимикається сирена і таймер, та вмикається зберігальна камера. При відповідності температури датчик відправляє сигнал на вмикання маркувальної машини, та аналогічно проводиться перевірка датчика на роботу маркувальної машини, після цього вмикається фасувальна машина.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Виробництво вершкового масла в масловиготовлювачах періодичної дії. Методичні вказівки для студентів, які навчаються за спец. 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр». Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного. 2020. 23 с.

2. Машкін М. І., Париш Н. М. Технологія виробництва молока і молочних продуктів. Київ: Вища освіта, 2006. 351 с.

3. Мікропроцесорні керуючі пристрої: метод. вказівки до виконання практичних робіт з дисц. «Мікропроцесорні керуючі пристрої» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти заочної форм навчання за ОПП зі спец. 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; уклад. К. В. Демченко. Харків: ДБТУ, 2023. 18 с.

УДК 174.1

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ В ЗЕРНОСХОВИЩІ

Шумакова О. О., бакалавр, e-mail: yayaska31@gmail.com
Науковий керівник – к.т.н., доц. Демченко К. В.
Державний біотехнологічний університет

Автоматизована система керування процесами у зерносховищі є важливою складовою сучасних технологій зберігання зерна. Вона забезпечує ефективний контроль і регулювання ключових параметрів, таких як температура, вологість, вентиляція та пересипання зерна, що дозволяє підтримувати оптимальні умови зберігання та запобігати псуванню продукції. Використання сенсорів, контролерів та спеціалізованого програмного забезпечення забезпечує моніторинг і управління процесами у реальному часі, що підвищує енергетичну ефективність та знижує витрати на обслуговування обладнання. Метою дослідження є розробка та впровадження автоматизованої системи керування зерносховищем, яка дозволяє оптимізувати умови зберігання, мінімізувати втрати зерна та забезпечити безпеку праці. Для досягнення цієї мети необхідно проаналізувати структуру та принцип роботи зерносховищ, визначити ключові параметри процесу, що підлягають автоматичному контролю, розробити алгоритми регулювання та оцінити ефективність впровадження системи на практиці. Об’єктом дослідження є процеси зберігання зерна у сучасних зерносховищах, а предметом – методи та засоби автоматизованого керування цими процесами. Наукова новизна та практична значимість роботи полягають у підвищенні надійності зберігання зерна, оптимізації енергоспоживання, зменшенні втрат продукції та забезпеченні безперервного контролю стану зерна. Впровадження автоматизованих систем керування у зерносховищах дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, підвищити економічну ефективність підприємства та сприяти покращенню якості та безпеки зерна для подальшого використання у харчовій промисловості та кормовиробництві. Крім того, сучасні автоматизовані системи передбачають інтеграцію з іншими ланками агропромислового комплексу, включно з логістикою, переробкою та фасуванням зерна, що дозволяє створювати єдину комп’ютерно-інтегровану технологічну платформу. Використання передових алгоритмів прогнозування та аналітики даних дозволяє не тільки автоматично реагувати на відхилення параметрів, але й прогнозувати потенційні ризики псування зерна, планувати профілактичні заходи та оптимізувати витрати ресурсів. Додатково автоматизовані системи забезпечують підвищення безпеки виробничого процесу завдяки контролю аварійних станів, автоматичному блокуванню небезпечних зон та дистанційному керуванню критичними вузлами. Інтеграція з сучасними цифровими платформами та технологіями промислового Інтернету речей (IIoT) дозволяє здійснювати аналіз великих обсягів даних для стратегічного планування, підвищувати ефективність управління запасами та забезпечувати сталий розвиток підприємств агропромислового комплексу. Таким чином, автоматизована система керування процесами у зерносховищі не лише оптимізує умови зберігання зерна, а й сприяє комплексній цифровізації виробництва, підвищенню економічної ефективності та технологічної безпеки, створюючи передумови для розвитку «розумного фермерства» та інтеграції з інтелектуальними системами управління агропромисловим виробництвом.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ольховський А. С. Автоматизація процесів очищення, фасування та зберігання зернових: навч. посібник. Київ: Аграрні інновації, 2025. 120 с.

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Артемов Є. Г.
Модернізація релейного захисту й автоматики трансформаторної підстанції 35/6 кВ з упровадженням мікропроцесорних терміналів 3

Бабенко О. О.
Сонячна енергетика як стратегічний пріоритет відновлення електроенергетики України..... 4

Бєлих В. С.
Заходи для підвищення надійності електропостачання в сільськогосподарському секторі з використанням відновлюваних джерел енергії..... 5

Бібічева О. О.
LCOE як головний інструмент аналізу економічної ефективності гібридної СЕС із установками зберігання енергії..... 6

Бондаренко В. Л., Дубенко С. В.
Методи підвищення ефективності добових графіків електричного навантаження побутових споживачів..... 7

Боровик Д. О.
Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень як інструмент підвищення ефективності енергоменеджменту..... 8

Ващенко В. О.
Особливості конструкції сучасних струмопровідів 6-10 кВ для КРУ..... 9

Гіщинський А. З.
Модель для дослідження роботи кабельної лінії живлення підприємства..... 10

Гошко М. М.
Дослідження характеристик світлодіодних джерел світла..... 11

Гуляєв Д. С.
Вітровий потенціал України..... 12

Деревянко Д. Ю.
Аналіз показників якості електричної енергії в електричних мережах..... 13

Деркач Н. М.
Підвищення надійності та ефективності експлуатації вітрогенераторів..... 14

Дубенко С. В.
Оптимізація комбінованих систем електропостачання з інтеграцією відновлюваних джерел та накопичувачів енергії..... 15

Д'яков О. О.
Вибір та обґрунтування засобів автоматичної компенсації реактивної потужності для промислового споживача, що живиться від ПС 35/0,4 кВ..... 16

Єрмак Д. А.
Гібридна модель прогнозування товщини ожеледі на лініях електропередавання..... 17

Забіяка Д.О.
Методичні підходи до вибору параметрів та режимів роботи накопичувачів електроенергії в промислових системах..... 18

Зеленков Д. М.
Тригенераційна установка на основі гібридних сонячних циліндричних фотоелектричних модулів..... 19

Зражевський І. О.
Стан і перспективи обмеження струмів короткого замикання в електроенергетичних системах..... 20

Іващенко І. В.
Інноваційні підходи до забезпечення надійності розподільних електромереж..... 21

Калюжний М. Д.
Оптимізаційні питання гібридної СЕС сільськогосподарського підприємства Полтавської області..... 22

Касімов О. В.
Упровадження інтелектуальних комутаційних пристроїв для автоматичного резервування в мережах середньої напруги..... 23

Козирев А. С.
Дослідження балансуючих потужностей об'єднаної енергосистеми..... 24

Колісник О. В.
Експериментальне дослідження вертикального вітрогенератора з використанням концентратора вітрового потоку в аеродинамічній трубі..... 25

Котляр О. А.
Особливості експлуатації СЕС із установками зберігання енергії для електрозабезпечення систем водопостачання..... 26

Кравцов А. М.
Аналіз витрат та ефективності впровадження сучасних технологій у розподільчих мережах..... 27

Крамаренко М. С.
Проточні батареї – майбутні перспективи розвитку систем енергозбереження..... 28

Лисенко К. Д.
Інтеграція відновлювальних джерел енергії в систему електропостачання зарядної інфраструктури електромобілів..... 29

Маланчук М. С.
Застосування grid-forming інверторів для стабілізації електромереж з інтегрованими відновлюваними джерелами енергії..... 30

Март'янов О. О.
Особливості автоматизованого обліку електроенергії..... 31

Мащенко І. А.
Мінімізація фінансових втрат від небалансів мережевих СЕС шляхом інтеграції установки зберігання енергії та предиктивного аналізу генерації..... 32

Міщенко Д. О.
Порівняльний аналіз енергоефективності AC та DC архітектур для житлового сектору: фокус на усуненні зайвих етапів перетворення енергії..... 33

Мотайло М. С.
Проточні батареї – перспективний напрям у зберіганні енергії..... 34

Мошак В. Я.
Системний аналіз підходів до створення інтелектуальних електроенергетичних комплексів..... 35

Наговіцин С. С.
Підвищення якості електропостачання споживачів у мережах 0,4 кВ із застосуванням автоматичного перемикача фаз..... 36

Оберемок Д. О.
Підвищення ефективності роботи сонячних електростанцій за допомогою штучного інтелекту..... 37

Оксенич Р. В.
Дослідження способів балансування комірок електрохімічних накопичувачів енергії..... 38

Опалєнік А. В.
Дослідження несиметрії напруги в електричних мережах 0,38 кВ з об'єктами мікрогенерації..... 39

Папашев О. К.
Аналіз технологічного процесу виробництва паливних пелет із деревини..... 40

Постернак О. С.
Використання відновлювальних джерел енергії окремих будівель та містечок для ВПО..... 41

Прокопенко В. С.
Інтеграція цифрових технологій у підстанції електричних мереж..... 42

Процун О. А.
Дослідження ефективності роботи MPPT-контролера гібридного інвертора при низьких рівнях сонячної активності..... 43

Рибалка І. А.
Техніко-економічне обґрунтування будівництва СЕС та УЗЕ для забезпечення енергетичної безпеки й автономності промислових об'єктів в умовах війни..... 44

Романюк О. В.
Особливості роботи фотоелектричних перетворювачів..... 45

Руденко Є. О.
Аналіз сучасних напрямів оцінювання ефективності системи розподілу елетричної енергії..... 46

Саєнко Є. М.
Оптимізація роботи підстанції 35/10 кВ для стабілізації напруги та підвищення надійності..... 47

Сахно О. І.
Оптимізація параметрів електричної мережі району енергосистеми..... 48

Сепик Л. Р.
Підвищення надійності ліній електропередач 110 кВ..... 49

Смоляк Д. Г.
Шляхи підвищення надійності електропостачання споживачів..... 50

Сотнік О. В.
Підвищення ефективності роботи сонячних електростанцій з установками зберігання енергії на основі оптимізації режимів їх функціонування..... 51

Станішевський Г. Г.
Аналіз впливу стимулюючого регулювання на якість електропостачання..... 53

Старусьов В. С.
Перспективи відновлювальних джерел в Україні..... 54

Тесленко І. С.
Дослідження шляхів зниження технічних і комерційних втрат електроенергії в електричних мережах..... 55

Тоберт М. Ю.
Техніко-економічний аналіз дахових сонячних електростанцій для промислових підприємств..... 56

Тоберт О. Ю., Мірошник О. О.
Математичні методи й інформаційні технології як інструмент підвищення стабільності інтелектуальних енергомереж Smart Grid..... 57

Чорноштан А. В.
Ефективність сучасних вітрових установок та перспективи зміцнення енергонезалежності України..... 58

Шевченко П. С.
Розробка блок-схеми алгоритму розрахунку характеристик неробочого ходу силового трансформатора..... 59

Ярова Д.
Математичне моделювання й економічна ефективність використання відновлюваних джерел енергії в системах електропостачання..... 60

СЕКЦІЯ 2. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА

Азацький О. В.
Оптимізація електропривода фрезерного верстата з частотним керуванням 61

Айвазян А. А.
Основні критерії вибору оптимального режиму електроспоживання системи водопостачання фермерського господарства..... 62

Баляниця Д. Р.
Підвищення ефективності електропривода компресора холодильної камери 63

Бєлашенко А. С., Слюсарев А. О.
Електропривід сільськогосподарських машин: сучасні проблеми, перспектива використання..... 64

Безуглий Є. В.
Підвищення ефективності приготування кормових сумішей 65

Бережний Є. І.
Опромінювальний пристрій для вирощування розсади з прецесійним рухом опромінювача..... 66

Бублій А. М.
Особливості конструкції асинхронних двигунів для частотного регулювання..... 67

Валко В. В.
Підвищення енергоефективності освітлення рослин у теплиці 68

Воропаєв Ю. С.
Підвищення ефективності роботи електротехнологічної установки для сушіння глазурованих цукерок на конвеєрній стрічці..... 69

Дмитренко Є. В, Щербина В. О.
Розробка силової частини електричної схеми установки для пакування чаю 70

Довбиш С. О.
Метрологічне забезпечення виробництва молока 71

Єгоров І. В.
Система автоматичного керування технологічними процесами кормоцеху ВРХ... 72

Ємець В. М.
Роль та класифікація електродвигунів у сучасних системах кондиціонування повітря 73

Ємець В. М.
Методологія використання хмарних обчислень на базі мови Python характеристик електричних машин..... 74

Єрьомка В. В., Зміївський Д. А.
Частотно-регульований електропривід насосних установок систем зрошення..... 75

Жиденко О. М.
Розробка системи сонячного енергоживлення для забезпечення безперебійної роботи насосного обладнання системи опалення тваринницького приміщення.... 76

Захаренков Д.
Роль електромеханічних систем у підвищенні ефективності роботи тракториста-машиніста сільськогосподарського виробництва 77

Кабаєв І. І.
Шляхи зниження енергетичних витрат на сушіння деревини 78

Калінін І. В.
Огляд існуючих систем водозабезпечення ферм ВРХ..... 79

Карпов Д. С.
Аналіз особливостей та обмежень традиційних електроприводів систем мікроклімату..... 80

Карпов В. С.
Огляд сучасних вентиляційних установок для активного повітрообміну зернових буртів..... 81

Ковальов А. А.
Аналіз складності проєктних рішень в електроприводі та мехатроніці 82

Ковальчук С. М.
Вплив відхилення напруги на технологічні й енергетичні характеристики електроприводів постійного струму..... 83

Колєснік А. С.
Особливості застосування частотно-регульованого асинхронного електропривода в сільському господарстві..... 84

Комунецький О. Ю.
Моделювання й аналіз роботи електропривода вентильного двигуна в системах насосних установок..... 85

Корольов А. О.
Аварійне водопостачання фермерського господарства 86

Костенко А. С.
Підвищення ефективності електропривода шнекового транспортера зерносушарки..... 87

Котига В. О.
Розробка та дослідження електропривода ТПН-АД із СПР, модальним регулятором і спостерігачем стану..... 88

Котенко О. С.
Підвищення енергоефективності насосної станції для зрошення шляхом вибору раціональних параметрів роботи..... 89

Котляр Т. А.
Електромагнітний привід вібраційної сушарки..... 90

Кондрашов В. С.
Особливості розробки системи регульованого електропривода для тепловодопостачання тваринницької ферми..... 91

Крестінін К. В.
Підвищення ефективності системи вентиляції зерносховища на основі асинхронного електропривода..... 92

Курдяєв О. І.
Аналіз основних недоліків електроприводів відцентрових машин за критеріями енергоефективності..... 93

Ладур В. І.
Енергоефективне керування електроприводом насосної станції птахоферми 95

Максаков І. Р.
Підвищення ефективності подрібнення кормів за рахунок упровадження молоткової дробарки вдосконаленої конструкції..... 96

Масюк С. П.
Застосування спеціального кабелю для частотно-регульованого електропривода насосної станції..... 97

Мельник В. І., Зеленський А. П., Зеленський О. П., Зеленський М. А.
Застосування датчиків диференціального тиску в лабораторних стендах 98

Мельник В. І., Зеленський А. П., Зеленський О. П., Зеленський М. А.
Використання модулів LoRa для передачі даних із диференціальних датчиків тиску під час випробувань пневматичних сівалок точного висіву 101

Неласов С. В., Городнійчук О. А.
Оптимізація електроприводів насосних агрегатів систем водопостачання на основі частотного регулювання..... 104

Нестеренко О.Г., Ліхно Я.В., Хань Лю
Критерії оцінки ефективності алгоритмів керування двоконтурним індивідуальним електроприводом електромобіля..... 105

Постевничий Д. В.
Застосування дискретних фільтрів у пристроях регулювання частоти обертання електропривода робочих машин..... 106

Пономаренко Є. О.
Моніторинг мікроклімату у тваринницьких приміщеннях 107

Ромасько М. І.
Діагностика та контроль температури асинхронних електродвигунів 108

Радченко М. П., Мироненко А. А.
Розробка енергозберігаючого електропривода для системи водопостачання 109

Ратушний В. В., Метелиця М. О.
Частотні перетворювачі – важливий інструмент у сучасних технологіях: використання та переваги..... 110

Рибаков В. К.
Методологія проєктування вибухозахищених електроприводів мобільних роботів..... 111

Рябуха Ю. Ю.
Аналіз типів конвеєрів, застосовуваних на борошномельних виробництвах 112

Савченко К. І.
Удосконалення системи повітряного опалення пташника 113

Супрунюк Ю. В.
Підвищення ефективності роботи стрічкового транспортера 114

Скринник В. В.
Огляд модифікацій асинхронних електродвигунів для частотного регулювання..... 115

Сердюк А. М.
Залежність енергетичних характеристик роторно-пульсаційного апарата для приготування рідких кормів від температури та в'язкості оброблюваної суміші..... 116

Скороход С.
Сучасні цифрові технології в агропромисловому комплексі. Виклики, інструменти та перспективи інтеграції в умовах повоєнного відновлення України..... 117

Снітко Д. А., Приходько Е. С.
Вибір оптимальної системи керування технологічним процесом дифузії на цукровому заводі 118

Степанов О. П., Михайленко Д. О.
Дослідження методів керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем..... 119

Суржик В. В.
Порівняльний аналіз експлуатаційних характеристик насосних агрегатів СМ (IE3) та СМЕ (IE5) 120

Суршко Є. В.
Оптимізація енергоспоживання насосної установки на основі сучасних алгоритмів керування..... 121

Ташлікович В. С., Полізов П. Д.
Визначення шляхів енергозбереження в системах електропривід – робоча машина..... 122

Трапєєв Р. О.
Електропривід каналізаційної насосної станції з удосконаленою системою керування..... 123

Чуйко Є. В.
Шляхи підвищення енергетичних показників в асинхронному електроприводі на виробництві..... 124

Шалімов Д. О.
Підвищення ефективності роботи системи вентиляції на зерноприймальному пункті..... 125

Шепелєв Р. М.
Підвищення ефективності системи аспірації зернової норії 126

Шевченко М. Д., Патока І. О.
Оцінка ефективності виконання правил безпеки технічного персоналу на трансформаторних підстанціях..... 127

СЕКЦІЯ 3. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Jānis Bērziņš
Modeling of drug distribution in animal tissues..... 128

Nurlan Aitzhanov
Use of hydrogels in tissue regeneration of humans and animals..... 130

Аврунін О. О., Привалов Б. В.
Вплив фізіологічних спроможностей людини при оцінці ступеня порушення носового дихання..... 132

Антонюк А. О.
Вплив магнітного поля на посівні якості насіння зернобобових культур 133

Баштовий В. Б.
Вплив НВЧ-випромінювання на показники імунітету 134

Бєгунков Д. Д.
Розробка та дослідження енергоефективної системи автоматизованого керування мікрокліматом тваринницьких приміщень 135

Білий А. В.
Тканинна інженерія та регенеративна медицина..... 136

Богачов І. І.
Система тестування перехідних характеристик електрод – шкіра для засобів функціональної діагностики..... 137

Богдан О. Г.
Інтеграція штучного інтелекту в медичну діагностику 139

Богомол Д. С., Колокольніков В. О.
Мікрохвильова обробка зерна для зниження вмісту пестицидів 140

Богомол Д. С., Колокольніков В. О.
Перспективи використання низькоенергетичної мікрохвильової терапії в комплексному лікуванні променевої хвороби..... 141

Власюк Д. А.
Сучасні підходи до вдосконалення ендоскопічної візуалізації 142

Ворожбит С. І.
Контроль стану біологічних об'єктів за допомогою безпровідного моніторингу..... 143

Вощаний О. В.
Оптимізація енергетичних режимів роботи індукційної сушарки для дрібнонасіннєвих культур..... 144

Галушко Д. Є.
Аналіз сучасних методів плантографії..... 145

Горбенко М. В.
Розробка мікрохвильових сенсорів для моніторингу фізіологічного стану тварин..... 146

Денисов Б. Ю.
Перспективи застосування дронів у сільському господарстві для електромагнітної обробки садових культур..... 147

Диба В. В.
Пристрій для формування дозованого фізичного навантаження – веслувальний тренажер-ергометр..... 148

Дмитренко Є. О.
Застосування діодів Шотткі в біомедичній інженерії 149

Довгий В. С.
Імплантовані пристрої та «розумні» протези..... 150

Євдокімов С. В.
Дослідження та розробка електротехнічного пристрою для передпосівної обробки насіння в електромагнітному полі..... 151

Закора В. В.
Електромагнітні методи контролю та діагностики режимів роботи обладнання лінії виробництва вовни..... 152

Західняк П. В.
3D-біодрук тканин і органів..... 154

Зікеєва В. П.
Енергоефективна система автоматизованого керування мікрокліматом тваринницьких приміщень на базі інтелектуальних датчиків 155

Кандауров І. В.
Аналіз методів визначення аеродинаміки носової порожнини 156

Кантемир В. О.
Застосування електростимуляції для реабілітації опорно-рухового апарату тварин..... 157

Коваль Є. В.
Дослідження електромеханічного ефекту під час переробки перо-пухової сировини в електричному гідролізаторі..... 158

Комаричев О. В.
Огляд існуючих лазерних установок для лікування дерматологічних захворювань ВРХ..... 159

Компанієць Ю. Ф.
Модернізація електромеханічних систем теплиці з упровадженням електромагнітних методів знезараження води та повітря 160

Корнієнко С. К.
Обґрунтування параметрів електроозонуючої установки для подовження терміну зберігання овочевої продукції у сховищах 161

Коростійова М. Р.
Застосування електромагнітних полів для стимуляції регенерації кісткової та м'язової тканини у тварин..... 162

Кощій В. С.
Застосування електромагнітних полів для інтенсифікації технологічних процесів у молокопереробній промисловості..... 163

Кравченко М. О.
Аналіз програмних інструментів для розробки електронних баз даних 164

Кулик С. С.
Модернізація електропривода вентиляційної установки пташника з використанням частотного регулювання..... 165

Куліковський О. В.
Ефективність інфрачервоного сушіння деревини 166

Кучер Д. О.
Біосенсори нового покоління для безперервного моніторингу здоров'я 167

Кучер Д. О.
Оптимізація параметрів термічного впливу при зварюванні біологічних структур..... 168

Лавренко Д. С.
Теоретичні основи впливу електромагнітного випромінювання на насіння ріпаку..... 169

Лактіонов В. А., Колокольніков В. О.
Можливості використання мікрохвильових технологій для рекультивації ґрунтів 171

Ляшков Д. П.
Дослідження діелектричних характеристик біологічних тканин тварин у надвисокочастотному діапазоні для біомедичних додатків 172

Мацюк В. Є.
Аналіз і розрахунок електромеханічних і електротехнічних систем борошномельного підприємства з упровадженням електромагнітних технологій для енергозбереження та безпеки експлуатації 174

Медвідь В. М.
Нейроінтерфейси (brain-computer interfaces)..... 176

Мельник В. В.
Сучасні хірургічні навігаційні системи..... 177

Миненко А. В.
Електромагнітна діагностика електрообладнання тепличного комбінату 178

Мирний В. В.
Інтелектуальна система моніторингу томатного потоку за допомогою електромагнітних сенсорів..... 179

Молодецька Д. Г.
Моделювання краніальної пластини як етап персоналізованої реконструкції дефектів черепа..... 180

Опікуха В. С.
Електромагнітні технології моніторингу здоров'я сільськогосподарських тварин..... 181

Пеньков С. М.
Телемедицина та віддалений моніторинг пацієнтів 183

Перепелиця Ю. О.
Дослідження та розробка електротехнологічного комплексу для знезараження зерна з використанням енергії НВЧ-випромінювання 184

Подколзін Д. В.
Система комп'ютерного зору для автоматичного аналізу ходи тварин 185

Подлєснов М. В.
Розробка та дослідження електротехнічного комплексу для передпосівної обробки насіння в коронному розряді..... 186

Позняк К. І.
Інноваційні електротехнічні рішення для надвисокочастотної обробки та ультразвукових технологій у виробництві соєвого молока 187

Пономаренко В. А.
Аналіз факторів впливу штучного інтелекту в психотерапії 189

Попадченко В. Є.
Електроімпульсна обробка рослин для стимуляції вегетаційних процесів 190

Решетников О. Г.
Застосування електромагнітних вимірювань для дослідження функціонального стану мозку тварин..... 191

Соколов А. А., Андрущенко М. А., Місоченко С. Ю.
Розробка доступної системи просторової навігації для осіб із вадами зору на базі технологій штучного інтелекту у смартфонах 192

Сокольцов А. О.
Формалізація діагностики порушень носового дихання на основі ендоскопічних, морфометричних і функціональних параметрів..... 193

Стрілець І. М.
Енергоефективність і безпека потокових ліній зернопункту 194

Терехов М. В.
Методи підвищення інтерпретованості (Explainable AI) гібридних нейромережевих моделей у задачах клінічної діагностики 195

Ткаченко А. І.
Розробка та дослідження автоматизованої системи електроозонування для дезінфекції сільськогосподарських приміщень..... 196

Трикуліч В. В.
Роботизована хірургія та автономні медичні системи 197

Трохимчук О. В.
Система автоматичного керування ультрафіолетовим опромінюванням поросят..... 198

Тютєрєв Т. В.
Електротехнологічний комплекс для знезараження зерна з використанням енергії НВЧ-випромінювання..... 199

Фемяк А. І.
Підвищення якості зберігання ультразвуковою обробкою молока 200

Хіміч В. Г.
Персоналізована медицина та геноміка..... 201

Хіміч Ю. Г.
Нанотехнології в доставці ліків..... 202

Черняк Ю. Д.
Аналіз існуючих методів діагностики черевної порожнини свійських тварин..... 203

Шевякова В. А.
Застосування нанотехнологій у медицині..... 204

Шкромида А. З.
Застосування електромагнітних технологій у модернізації електротехнічного комплексу пташника..... 206

Штепа Є. В.
Використання методу термографії для діагностики захворювань домашніх тварин..... 207

СЕКЦІЯ 4. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО- І ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Бут Д. В.
Підвищення надійності роботи холодильної установки 208

Гайдаржи В. Є., Харченков М. А.
Перспективи використання абсорбційних холодильних машин в автомобільних системах кондиціонування повітря 209

Голубєва Д. О.
Вплив швидкості заморожування на якість і мікробіологічну стабільність харчових напівфабрикатів..... 210

Горик А. Г.
Шляхи зниження шуму холодильного обладнання..... 211

Григоров Ю. Ф.
Комплексна термодинамічна оптимізація та екологічна трансформація систем холодопостачання підприємств ритейлу..... 212

Гуць О. О.
Інноваційні аспекти розробки автономної станції гідратації з енергоефективним холодильним контуром..... 213

Єрмоленко О. В., Єрмоленко Є. М.
Перспективи застосування штучного інтелекту в системах дистанційного моніторингу параметрів роботи систем холодопостачання 214

Жихарєва Н. В., Єфремов І. Ю.
Підвищення енергоефективності систем кондиціювання повітря шляхом використання теплоутилізаційних установок..... 215

Жихарєва Н. В., Моісєєв В. О.
Удосконалення систем кондиціювання повітря громадських басейнів із підвищеною фільтрацією..... 217

Заяць М. О.
Аміак як холодоагент: кращий вибір для ефективності та сталого розвитку в промисловому холодильному обладнанні..... 219

Книш С. М.
Новітні технології обладнання для промислового заморожування 220

Костюченко Є. О.
Перспективи застосування бінарного льоду як енергоефективного холодоносія в системах охолодження та кондиціювання..... 221

Кушнір В. О.
Керування маслом у холодильних установках на R744..... 222

Лисицький В. В.
Обґрунтування вибору спіральних швидкоморозильних апаратів у технологічних лініях виробництва млинців із начинкою 223

Манжос М. В.
Оптимізація автономних модульних систем для термічного оброблення та зберігання рибної продукції..... 224

Пожидаєв Олександр
Штучний інтелект для кліматичного контролю в рослинництві. Синтез точності й адаптивності..... 225

Романенко Р. Ю.
Комплексна оптимізація холодильного циклу та параметрів тепломасообміну в системах енергоефективного шокового заморожування журавлини 226

Семернін В. В.
Моніторинг спліт-системи кондиціювання повітря 227

Спасьонов В. В.
Особливості проєктування й енергоефективності сучасних підприємств ритейлу типу «супермаркет» 228

Терехов Ю. В.
Обґрунтування технічного переоснащення дільниці фризерування лінії виробництва морозива в стаканчиках..... 229

Тимошенко Я. О.
Холодильні агенти й екологія..... 230

Товстик О. С., Смілик М. М.
Холодильна система камери ферментації прісного тіста 231

Цуркан М. М., Аліпов А. Е.
Теплові насоси – перспективний напрям енергозбереження 232

Шемякін В. Є.
Порівняльний аналіз використання природних холодоагентів у підсистемах холодового ланцюга на регіональному рівні..... 234

Шмодін О. О.
Сучасні холодильні агенти для побутового та торговельного холодильного обладнання..... 235

СЕКЦІЯ 5. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Алієв Р. А.
Розробка автоматизованої системи керування мікрокліматом виробничого приміщення..... 236

Галлямов К. С.
Застосування Node-RED у системах промислової автоматизації для інтеграції обладнання та баз даних..... 237

Герасименко Д. Є., Панов А. О.
Алгоритм керування процесом виробництва розчинної кави 238

Герасимович С. Є.
Розробка програмно-апаратних модулів системи «розумний будинок»..... 239

Гриненко А. Г.
Розробка автоматизованої системи управління процесом очищення жировмісних стічних вод..... 240

Гук О. О.
Розробка автоматизованої системи моніторингу енергопостачання житлового котеджу з використанням технологій IoT..... 241

Довженко А. О.
Системи автоматизованого керування установок для подрібнення грубих кормів..... 242

Замковий Б. В.
Розробка програмно-апаратних модулів для 3D-принтера на базі контролера Arduino..... 243

Kapiton A.M., Kondratyuk Y.
Modern numerical methods as the basis of computer modeling, engineering calculations, and data analysis..... 244

Кащен В. О.
Розробка архітектури високонавантаженого вебресурсу для електронної комерції..... 245

Ковальчук О. І.
Напруга пробою в повітряному зазорі коаксіально-конічного пальника: моделювання впливу вологості та складу суміші в MATLAB 246

Колісник Я. С.
Розробка інформаційної системи компанії – постачальника послуг альтернативного енергоживлення..... 247

Мельник В. С.
Дворежимне регулювання температури в камерних конвективних сушарках..... 248

Настусенко С. Ю.
Розробка інформаційної системи для автоматизації виробництва кондитерської продукції..... 249

Орловський В. І.. Панов А. О.
Алгоритм керування процесом виробництва хлібного квасу..... 250

Притула І. І.
Інформаційна система підтримки прийняття рішень для управління розподіленою генерацією..... 251

Пугач Д. Є.
Автоматизація процесу концентрування яблучного соку..... 252

Радченко К. В., Нечитайло Ю. А.
Автоматизоване регулювання температури в санітарному пункті 253

Радченко О. В., Нечитайло Ю. А.
Системи автоматизованого керування теплопостачанням у студентських містечках..... 254

Сорокін О. Х.
Розробка автоматизованої системи управління мембранною установкою 255

Ставицький М. В.
Розробка IoT-системи централізованого моніторингу мережевих і периферійних пристроїв із використанням протоколу MQTT..... 256

Степаненко С. П.
Алгоритм ідентифікації фракцій зерна на основі нейромережевої архітектури YOLO та оптичного аналізу..... 257

Тихов О. І.
Реалізація моделі захищеної передачі даних у мережах IoT..... 258

Тошпулатов Б. Р.
Цифровізація цивільної авіації: порівняльний аналіз України, Республіки Узбекистан та Європейського Союзу..... 259

Труфанов А. С., Панов А. О.
Алгоритм керування процесом виробництва вершкового масла 260

Шумакова О. О.
Автоматизована система керування процесами в зерносховищі 261

Наукове електронне видання
комбінованого використання
Можна використовувати в локальному та мережному режимах

ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ

МАТЕРІАЛИ IV ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

8 квітня 2026 р.

Видано в авторській редакції

Відповідальні за випуск: Ю.М. Хандола
О.О. Мірошник
О.В. Петренко
К.В. Демченко
О.М. Жданович

Комп'ютерна верстка: В. Пазій
В. Гузенко
М. Чорна
М. Смілик
В. Стратієнко
С. Литвиненко

Технічний редактор Л.Ю. Кротченко

Підп. до друку 8.04.2026 р. Один файл. Об'єм даних 12,1 Мб.

Державний біотехнологічний університет
Вул. Алчевських, 44, Харків, 61002

280