



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

Харків,  
2023



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА  
АДМІНІСТРАЦІЯ**

Державний біотехнологічний університет  
Національний технічний університет «ХПІ»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
ЗВО "Подільський державний університет"



**Матеріали  
Всеукраїнської науково-практичної конференції**

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА  
ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК:  
НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ**

**11 квітня 2023 р.**

**м. Харків**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКА ОБЛАСНА ВІЙСЬКОВА АДМІНІСТРАЦІЯ  
Державний біотехнологічний університет  
Національний технічний університет «ХПІ»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
ЗВО «Подільський державний університет»

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА,  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ  
В АПК: НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ**

Матеріали Всеукраїнської науково-практичної  
конференції

11 квітня 2023 р.

Харків  
ДБТУ  
2023

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;  
**Мандич О. В.**, д.е.н., проф., голова ради молодих вчених ДБТУ;  
**Каплун В. В.**, д.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту енергетики, автоматики і енергозбереження НУБіП;  
**Щур І. З.**, д.т.н., проф., завідувач кафедри електромеханіки і комп'ютерних систем НУ України «Львівська політехніка»;  
**Кіпенський А. В.**, д.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту соціальногуманітарних технологій, професор кафедри промислової і біомедичної електротехніки НТУ «Харківський політехнічний інститут»;  
**Лазуренко О. П.**, к.т.н., доц., завідувач кафедри електричних станцій НТУ «Харківський політехнічний інститут»;  
**Гриб О. Г.**, д.т.н., проф., професор кафедри автоматизації та кібербезпеки НТУ «Харківський політехнічний інститут»;  
**Михайлова Л. М.**, к.т.н., проф., директор навчально-наукового інституту енергетики ЗВО «Подільський державний університет»  
**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., завідувачка кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ;  
**Мороз О. М.**, д.т.н., проф., професор кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту ДБТУ;  
**Косуліна Н. Г.**, д.т.н., проф., професор кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ;  
**Потапов В. О.**, д.т.н., проф., професор кафедри інтегрованих електротехнологій та енергетичного машинобудування ДБТУ.

*Конференцію включено до Переліку міжнародних, всеукраїнських науково-практичних конференцій здобувачів вищої освіти і молодих учених у 2023 році згідно з листом ІМЗО МОН України від 10.01.2023 № 21/08-9*

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ** : [Електронний ресурс] : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., 11 квітня 2023 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Харків, 2023. – 184 с. – Електронні текстові дані. – Режим доступу : <http://btu.kharkov.ua/nauka/konferentsiyi/>

У збірнику представлено теоретичні та практичні результати досліджень і розробок здобувачів вищої освіти, аспірантів, молодих учених за такими напрямками: електропостачання та енергетичний менеджмент, відновлювальна 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.

## СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 621.3:621.176:628.213:728

### МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ БУДІВЛІ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕПЛООВОГО НАСОСУ

Витушинський В. С., магістр, e-mail: [avi1419@ukr.net](mailto:avi1419@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Гарасимчук І. Д.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

В результаті дослідження проаналізувати доцільність модернізації системи енергозабезпечення за допомогою теплового насоса житлового будинку на прикладі багатоповерхового будинку.

Проведено аналіз витрат на енергоносії та зроблено висновки, що мешканці будинку найбільше платять за гаряче водопостачання – 44%, опалення – 30%, водопостачання – 18%, електроенергію – 8%.

Для зменшення витрат на гаряче водопостачання та систему опалення необхідно здійснити низку заходів щодо її модернізації.

Також були розглянуті всі існуючі системи енергопостачання житлового будинку. Проведено первинний аналіз поточного стану огорожувальних конструкцій, системи опалення, вентиляції, водопостачання та водовідведення. Крім того, обрали енергозберігаючі заходи.

Також у розділі проведено розрахунок житлового будинку згідно ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергоефективність будівель», де вказані та були розраховані загальні теплотрати та витрати будинку, а також потребу в енергії для опалення та охолодження будинку.

У ході дослідження були визначені можливості модернізації системи енергопостачання та проведено моделювання роботи цієї системи в програмному забезпеченні GeoTsol. Можлива відмова від центрального опалення та перехід на індивідуальне.

Для покриття теплового навантаження та навантаження на систему гарячого водопостачання було обрано та змодельовано 2 системи теплових насосів «повітря-вода» [1].

Теплові насоси MCU 066 УНЕ в кількості 6 одиниць були відібрані в систему, відібрану за допомогою онлайн-ресурсу MyCond і з встановленими електричними нагрівачами для покриття 100% навантажень. Програмне забезпечення GeoTsol вибрало систему теплового насоса з 9 x Clitech CAR-20XB для покриття опалення, 4 x Clitech CAR-24XB для покриття гарячого водопостачання [2].

Проведено аналіз систем опалення, які були відібрані за допомогою MyCond - їх недоліком була дуже велика вага та габарити теплових насосів, можливі проблеми з їх транспортуванням на техповерх, їх початкова ціна вища за інший варіант. системи опалення, а саме 1330240 грн. на ГВП та 3504280 грн. початкові інвестиції на систему опалення, термін окупності 1,5 та 10 років відповідно [3].

Аналізуючи систему, змодельовану в програмному забезпеченні GeoTsol, були обрані ТН менші за розміром, які легше встановлюються на техповерхсі, початкові інвестиції склали 1002600 грн. за систему ГВП та 2831 тис. грн. початкові інвестиції в систему опалення, загальний термін окупності відповідно 6,1 року.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Теплові насоси (геотермальні системи) принцип роботи [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ecosvit.net/ua/teplovij-nasos-vidi-ta-zastosuvannya>
2. ДСТУ Б В.2.5-44:2010. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ З ТЕПЛОВИМИ НАСОСАМИ.
3. Керівництво по підбору насосів [Електронний ресурс] – 2017 - Режим доступу до ресурсу: <https://dab.com.ua/pdf/manual-dab-pumps.pdf>



АВТОМАТИЗАЦІЯ ВЕНТИЛЯТОРНОЇ УСТАНОВКИ З ВИКОРИСТАННЯМ  
АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ

Вишинський В. О., магістр, e-mail: [vishinskiy1982@gmail.com](mailto:vishinskiy1982@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Гарасимчук І. Д.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

У дослідженні розглядається автоматизація вентиляторної установки з живленням від автономного джерела, оскільки встановлено, що сумарна потужність приводних двигунів вентиляторів становить близько 10% від усієї виробленої енергії в цілому. Тому питання автоматизації вентиляторної установки на виробництві є досить актуальним, оскільки даний тип установки на виробництві зазвичай рідко працює в зоні господарського використання, і в більшості випадків ККД вентиляторних установок значно нижче норми (до 0,6, а в деяких випадках навіть лише 0,3 – 0,4) [1,2].

Також слід зазначити, що актуальність сонячної енергетики зростає через такі її переваги, як ресурсомісткість, відтворюваність, відсутність шкідливих відходів при переробці, безшумність та ін. Однак вона має свої недоліки, серед яких залежність її кількості від добового та сезонного ритму, а також необхідність великих площ для будівництва сонячних електростанцій. Однак вона все ще вважається основним джерелом альтернативної енергії.

Встановлення сонячних панелей для живлення окремих систем або всього обладнання в наш час стає все більш популярним і вигідним. Це не тільки автономне джерело електроенергії, яке в більшості випадків швидко окупає витрати на установку, але й екологічно чистий вид виробництва електроенергії, що не менш важливо в нашій екологічній ситуації. Однак енергоефективність та ефективність фотоелектричних установок все ще залишається на відносно низькому рівні, тому разом із встановленням таких установок слід розглядати можливі варіанти автоматизації для підвищення їх ефективності та збільшення виробництва електроенергії.

В результаті дослідження ми отримали повноцінну вентиляторну систему, що живиться від автономного джерела живлення, а саме автономної сонячної електростанції. Завдяки оптимальному підбору всіх компонентів системи та їх точному розрахунку загальний ККД системи є максимально високим, що зменшить втрати електроенергії, а значить, надмірні витрати електроенергії. Це також підвищить продуктивність і підвищить точність роботи і налаштування режимів.

Таким чином, ми розрахували та автоматизували систему вентиляції, що живиться від автономного джерела, а точніше сонячної електростанції. Вибрана система автоматизації вентиляційної установки складається з частотного перетворювача та плати керування вентиляцією, що містить контролер. Ця система дозволяє значно підвищити ефективність вентиляторної установки за рахунок підтримки рівня її роботи в номінальному необхідному режимі. Це дозволяє істотно знизити надмірне енергоспоживання і, як наслідок, наднормативні витрати енергії в економічному відношенні.

Розроблена система автоматизації на сонячних батареях на основі двовісного позиціонування з відстеженням положення Сонця дозволяє збільшити вироблення електроенергії на 30-40%, що може досягати 2,2 кВт/год на розрахункову фотоелектричну установку з 6 панелей. Це дозволить або жити додаткові процеси чи системи у виробництві, або, за необхідності чи бажання, зменшити кількість панелей.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Каталог продукції фірми «ВЕНТ», <https://www.vent.com.ua/>.
2. Каталог продукції фірми «ЕКО ТЕХ УКРАІНЕ», <https://eco-tech.com.ua/>
3. Відновлювальна енергетика: навчальний посібник /В. М. Синеглазов, О. А. Зеленков, Ш. І. Аскеров, Б. І. Дмитренко – Київ:НАУ, 2015. – 278 с.

ОЦІНКА МЕТОДІВ ОБМЕЖЕННЯ ПЕРЕНАПРУГ У СИСТЕМАХ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ 6-10 КВ

Вітчинкіна А. І., магістрантка, e-mail: [alenabondo@gmail.com](mailto:alenabondo@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Назаренко О. Ю.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій.

В сучасних системах електропостачання 6-10 кВ, що використовуються на промислових підприємствах, широко застосовуються вакуумні й елегазові вимикачі, кабелі зі зшитого поліетилену, тиристорні перетворювачі тощо. Це призводить до того, що в розподільних мережах з'являються вищі гармоніки. Крім того, при комутації електродвигунів і трансформаторів вакуумними й елегазовими вимикачами виникають комутаційні перенапруги, величина яких може перевищувати номінальну напругу мережі до 7 разів.

Практика експлуатації електрообладнання в мережах 6-10 кВ показала, що основна кількість аварійних відключень відбувається через пробої ізоляції, які виникли через перенапруги та старіння ізоляції. За статистикою близько 50% однофазних замикань на землю в системах електропостачання 6-10 кВ сільськогосподарських споживачів виникає внаслідок комутаційних перенапруг.

Таким чином, після широкого впровадження вакуумних і елегазових вимикачів захист ізоляції високовольтного електрообладнання від комутаційних перенапруг став актуальним питанням. Ця проблема є найбільш характерною для електродвигунів, кабелів і трансформаторів, які тривало перебувають в експлуатації та мають знижений рівень міцності ізоляції.

Метою досліджень. Проведення оцінки та аналізу методів комутаційних перенапруг у високовольтній системі «вимикач – кабельна лінія – електроприймач» з метою подальшого їх вдосконалення.

Основні матеріали досліджень. В даний час існує велика кількість засобів обмеження КП, зокрема обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН), RC-обмежувачі, й RC-гасителі. Розробка засобів захисту від перенапруг дозволила до деякої міри зняти гостроту проблеми перенапруг, тому що знизилася кількість пробоїв ізоляції кабельних ліній і трансформаторів, однак інтенсивність пробоїв ізоляції обмоток електродвигунів залишається досить високою.

Це обумовлено відсутністю комплексної методики оцінки комутаційних перенапруг у розподільних мережах, що враховує вплив на величину перенапруг як самого вимикача, вакуумного, масляного, елегазового чи електромагнітного, клас напруги, тип кабелю, гармоніки струму мережі, що не дозволяє обґрунтовано підійти до вибору необхідних засобів захисту від перенапруг.

Висновок. Аналіз ефективності методик та пристроїв захисту, що їх використовують дозволив визначити раціональні області використання ОПН, RC-обмежувачів і RC-гасителів. Раціональна область використання ОПН – захист трансформаторів у розподільних мережах 6 - 10 кВ із резистивним і комбінованим режимом нейтралі. RC-обмежувачі й RC-гасителі із вбудованим блоком резисторів доцільно використовувати для захисту двигунів у мережах 6 - 10 кВ. RC-гаситель із виносним блоком резисторів може експлуатуватися в розподільних мережах для будь-якого режиму роботи нейтралі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Каталог ОНН типу ОПН/TEL // – М.: РК «Таврида Електрик». – 2018.
2. Виноградов, А.В. Захист ПЛ, виконаних СПП від грозових перенапруг / А.В. Виноградов // КАБЕЛЬ – 2009. – №4. – С.31-34.

ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ ТА ДЕКАРБОНІЗАЦІЯ  
Геніх К. В., бакалавр, e-mail: [katrinkatara@gmail.com](mailto:katrinkatara@gmail.com),  
Базаджи В. В., бакалавр, e-mail: [bazadzhy2002@gmail.com](mailto:bazadzhy2002@gmail.com)  
Науковий керівник: доцент, Яковлева О. Ю.  
Одеський національний технологічний університет

Сьогодні на глобальному ринку виникає потреба у застосуванні стратегії декарбонізації будівель, з метою скорочення викидів парникових газів. На будівлі припадає приблизно 40% [1] глобальних парникових газів і очікується, що до 2060 року глобальний фонд будівель подвоїться.

Декарбонізація будівель та HVAC&R систем повинна ґрунтуватися на системному аналізі, починаючи з елемента системи - здорового, безпечного та комфортного середовища; з другим пріоритетом виступає елемент системи – енергоефективність (див. Рис.1); один із важливих елементів - вплив на навколишнє середовище; наступний елемент конкурентоспроможності на ринку - стійкість; а також вирішення проблем оперативної безпеки систем; та економічних показників – аналізу вартості життєвого циклу (LCCA).

До 2030 р. будівничим сектором включно HVAC&R системи має бути зменшено викиди парникових газів принаймні вдвічі в порівнянні з 2015 р.. Що стосовно нових будівель, очікується нульові викиди або чисті викиди парникових газів при процесі експлуатації будівель. Продовжується та несе глобальний характер модернізація існуючих активів (старого фонду, та будівель в експлуатації) як житлово комунального господарства так і адміністративних будівель з метою підвищення енергоефективності.

Електрифікація спрямована на обезуглерожування атмосфери Землі, щоб зменшити забруднення та знизити вартість сучасних технологій. Електрифікація спрямована на підвищення енергоефективності та отримання електроенергії з чистіших відновлюваних джерел. Дослідники [2] виявили, що електрифікація приміщень, разом з водяним опаленням та застосуванням сучасних систем кондиціонування дозволяють знизити експлуатаційні витрати домовласника протягом терміну служби устаткування, порівняно з забезпеченням виконання однакових функцій устаткуванням при використанні викопного палива. Витрати також знижуються для клієнтів, які інтегрують технології сонячної енергетики з електрифікацією. Нові будівлі та ті, що без газопостачання дозволяють знизити витрати на газові магістралі, відповідні послуги та лічильники, які не потрібні у повністю електричних районах.

За оцінками міжнародної енергетичної агенції, теплові насоси можуть скоротити глобальні викиди вуглекислого газу на 500млн.т. у 2030 році, що дорівнює щорічним викидам CO<sub>2</sub> автотранспорту у Європі.

Електричні теплові насоси (ТН), як ефективний засіб декорбонізації будівель через те, що капітальні та експлуатаційні витрати, зараз, конкурентоспроможні на відповідних ринках, а також завдяки новим технологіям та їх розвитку у ніші ТН. Розуміємо, що ТН використовує холодоагент та електрику для передачі тепла від зовнішнього повітря або землі всередину будівлі навіть за нижчих температур. Сучасні моделі ТН в 2,2-4,5 рази ефективніші за газові печі. У разі глобального впровадження використання ТН замість традиційних котлів та печей може скоротити глобальні викиди CO<sub>2</sub> на 3Гт на рік. Відповідно до аналізу McKinsey, у 2050р. ТН можуть становити приблизно 90% продажу нових опалювальних приладів порівняно з 35% на сьогодні.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Peterson, K. W. et al. (2025) ASHRAE Position Document on Building ecarbonization, Ashrae.org. Available at: [https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd\\_buildingdecarbonization\\_2022.pdf](https://www.ashrae.org/file%20library/about/position%20documents/pd_buildingdecarbonization_2022.pdf) (Accessed: March 25, 2023).
2. Billimoria, S. et al. (2018) The economics of electrifying buildings, RMI. Available at: <https://rmi.org/insight/the-economics-of-electrifying-buildings/> (Accessed: March 25, 2023).

Важливим чинником зниження економічності систем електропостачання виробничих підприємств є недосконалий стан схем контролю та обліку обсягів використаних енергоресурсів і рівень їх експлуатації. Суттєвою складовою автоматизованою системою управління електропостачанням (АСКУ) є автоматизована система контролю та обліку енергоспоживання (АСКОЕ), яка поєднана низкою каналів передачі даних зі споживачами і джерелами енергоносіїв. Лінії передачі даних зазнають впливу різноманітних електромагнітних завад, що знижують достовірність передавання даних і ефективність управління в цілому.

Із аналізу систем електропостачання України [1, 2] встановлено, що найбільші втрати електричної енергії спостерігаються в мережі напругою 0,4 кВ, по якій зазвичай надходить електроенергія до кінцевого споживача і становить на рівні 26%.

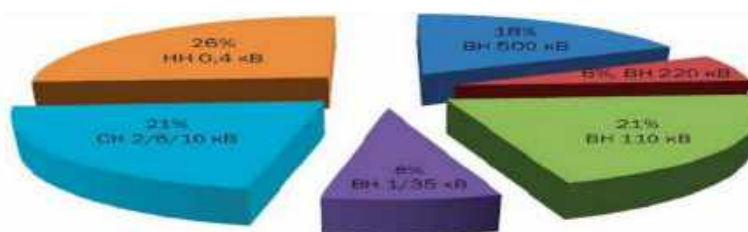


Рисунок 1 – Втрати електроенергії в електромережах з різними рівнями напруги

Підвищення ефективності енергоспоживання за рахунок збільшення рівня надійності передачі даних в автоматичній системі контролю та обліку електричної енергії (АСКОЕ).

Аналіз стану систем обліку електричної енергії в сільських районах доводить, що підвищення ефективності функціонування даних систем можливо тільки на основі автоматизації розрахунків споживачів, що, в свою чергу, здійснюється при підключенні споживачів до АСКОЕ, яка поєднана низкою каналів передачі даних зі споживачами і постачальниками електричної енергії. Основна перевага PLC-технології - можливість використовувати вже існуючі електричні мережі для передачі даних.

Особливостям застосування PLC – технології притаманні: 1 - Невелика кількість ВЧ каналів на окремій лінії електропередачі; 2 - низький рівень лінійних перешкод; 3 - можливість обрання частоти каналів передачі даних і зв'язку незалежно від частот каналів у сусідніх районах.

Аналіз існуючих систем передачі даних електроспоживання в АСКОЕ, розташованих в сільській місцевості показав, що найбільш економічно обґрунтованим і технологічно прийнятним є використання технології PLC, з урахуванням необхідності ефективного захисту від електромагнітних завад при забезпеченні належної пропускну здатності.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qawaqzeh, M., Dudnikov, S., Mirosnyk, O., Moroz, O., Savchenko, O., Trunova, I., Pazyi, V., Danylchenko, D., Iegorov, O., Halko, S., Buinyi, R. Development of Algorithm for the Operation of a Combined Power Supply System with Renewable Sources (2022) 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2022 - Conference Proceedings, DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916372

2. Попадченко С., Дудніков С. (2022) «Перспективи розвитку сільських інтелектуальних електричних мереж», Науковий журнал «Інженерія природокористування», (1(23), с. 120-125. doi: 10.5281/zenodo.6824085.



Під час експлуатації електромережі на ізоляцію впливає не тільки робоча напруга. В електроустановках виникають короточасні суттєві підвищення напруги – перенапруги.

Перенапруги поділяються на дві групи: грозові перенапруги, що пов'язані з розрядами блискавки в струмопровідні частини установки або в землю поблизу неї; внутрішні перенапруги, які виникають в результаті різноманітних нормальних або аномальних комутацій в системі.

Розряд блискавки в ізольований від землі дріт супроводжується появою на дроті напруги, прямо пропорційної амплітуді струму блискавки, тривалість якої не перевищує 50-100 мкс. Безпосередні виміри показують, що розряди блискавки можуть супроводжуватися струмами від декількох кілоампер до 200кА і більше, тобто струм блискавки є статистичною величиною, що характеризується певним законом розподілу імовірності. У зв'язку з цим напруга на ізоляції дроту при розряді блискавки також є статистичною величиною [1].

Добре відомим засобом грозозахисту є блискавичник – надійно заземлені металеві стержні або дроти, розташовані поблизу об'єкту, що захищається. Переважна більшість розрядів блискавки потрапляють в блискавичник, минувши об'єкт, і струм блискавки відводиться в землю. Зокрема, на лініях високої напруги в якості блискавичників використовують заземлені дроти (грозозахисні троси), що підвішуються на опорах вище за фазові дроти. Застосування тросів різко зменшує напругу на ізоляції, але не зводить до нуля. Тому при ударах блискавки в лінію електропередачі, захищену тросами, є деяка імовірність ушкодження ізоляції, проте ця імовірність значно менша, ніж для ліній без тросів.

Ушкодження ізоляції підстанцій є набагато серйознішою аварією, ніж пошкодження ізоляції ліній, то необхідно приймати додаткові заходи для обмеження імовірності таких ушкоджень. Ці функції виконують спеціальні апарати, які називаються грозозахисними розрядниками і складаються з повітряного іскрового проміжку, послідовно сполученого з нелінійним активним резистором [2].

Електрична міцність ізоляції підстанції повинна з певним запасом перевищувати залишкову напругу, яка, таким чином, має велике значення при розробці і виборі ізоляційних конструкцій. Внутрішні перенапруги в електричних системах пов'язані з різними комутаціями. Внутрішні перенапруги залежать не лише від виду комутації, але і від параметрів мережі, характеристик комутаційного апарату і ряду інших чинників. При багатократному повторенні однієї і тієї ж комутації в системі кожного разу виникають різні перенапруги. Таким чином, внутрішні перенапруги, так само як і грозові, носять статистичний характер. Внутрішні перенапруги можуть в 3-3,5 разів перевищувати фазну напругу установки. Як правило, ізоляція установок до 220 кВ включно таку напругу витримує. При вищій номінальній напрузі, коли економічно недоцільно створювати такі великі запаси міцності, широко застосовуються різні способи обмеження перенапруг, зокрема – використовуються спеціальні типи розрядників. Таким чином, поведінка ізоляції повинна розглядатися не лише при тривалій дії напруги промислової частоти, але і при короточасних впливах грозових і внутрішніх перенапруг.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Василець С. В., Василець К. С. Техніка високих напруг: навчальний посібник [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2018. 187 с.
2. Координация изоляции и перенапряжения в электрических высоковольтных сетях : учеб. пособ. / Гуль В. И. и др. ; под. ред. проф. Гуля В. И. Харьков : ЭДЭНА, 2009. 270 с.

ОСНОВНІ НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ ТА ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРОЦЕСІВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 0,38 КВ

Демченко Г. С., магістр, e-mail: [demcenkogrigorij21@gmail.com](mailto:demcenkogrigorij21@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Електричні мережі об'єднаної енергетичної системи України, особливо лінії напругою 0,38 кВ, характеризуються великим терміном експлуатації, оскільки основна їх частина була побудована в 70-х роках минулого століття. Так капітальному ремонту, реконструкції та заміні підлягають 316 тис. км повітряних ліній напругою 0,4-110 (150) кВ розподільних електромереж [1], що в свою чергу призводить до підвищення ризику травматизму.

Аналіз даних виробничого травматизму в енергетичній галузі (з розрахунку кількості травмованих на 100 тисяч працюючих) показує, що: рівень травматизму у в галузі, є близьким до показника рівня виробничого травматизму в Україні (більше на 16 %), але рівень смертельного травматизму (з розрахунку кількості загиблих на 100 тисяч працюючих), в енергетичній галузі значно вище показника середнього рівня смертельного виробничого травматизму в Україні (більше на 90 %) [2]. Тому питанням охорони праці при реконструкції електричних мереж приділяється значна увага. Охорона праці і техніка безпеки при реконструкції та експлуатації електричних мереж напругою 0,38 кВ повинна забезпечуватись відповідністю таким нормативним документам:

1. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП 45.2-7.02-12);
2. НПАОП 40.1-1.21-98. (ДНАОП 0.00-1.21-98). Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів;
3. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок (ДНАОП 1.1.10-1.01-97);
4. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів – ПБЕЕС;
5. Правила улаштування електроустановок – ПУЕ;
6. ГКД 34.03.806-2002. Інструкція з охорони праці для працівників, які виконують ремонтно-експлуатаційні роботи на обладнанні, що знаходиться під дією наведеної напруги;
7. ГКД 34.20.260-2002. Інструкція з монтажу повітряних ліній електропередавання напругою до 1 кВ з сомоутримними ізольованими проводами.

Ці нормативні документи враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж і вибухів та захист людей від ураження електричним струмом.

Забезпечення охорони праці і техніки безпеки при реконструкції електричних мереж здійснюється виконанням таких вимог: використання технічного досконалого обладнання; розміщення обладнання із забезпеченням його вільного обслуговування; виконання будівельно-монтажних робіт за технологічними картами; виконання заземлення елементів електроустановок з нормованою величиною опору і конструкцією, що відповідає вимогам; застосування типових конструкцій опор ЛЕП; використання при виконанні будівельно-монтажних робіт машин і механізмів, і конструкції яких закладені принципи охорони праці; високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Міненергетики: 61% обладнання та 4,95% ліній електромереж спрацювало свій ресурс. URL: <https://cutt.ly/aN0EQkJ>.
2. Є. А. Бондаренко, С. Я. Вишневський, А. Є. Бондаренко, «СУЧАСНИЙ СТАН ЕЛЕКТРОТРАВМАТИЗМУ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ», Вісник ВПІ, вип. 3, с. 18–23, 2021. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2021-156-3-18-23>.

ВПЛИВ ЯКІСНИХ ПОКАЗНИКІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ  
НА РУХОМИЙ СКЛАД МЕТРОПОЛІТЕНУ

Дем'яненко Р. І., аспірант, e-mail: [Roman.Demianenko@iee.khpi.edu.ua](mailto:Roman.Demianenko@iee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: проф. Гриб О. Г., доктор технічних наук

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Одна із складових низької якості електричної енергії є наявність вищих гармонік в електричній мережі [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Джерелами вищих гармонік є тягові підстанції електротранспорту та інші нелінійні споживачі. Низька якість електричної енергії впливає на механічні вузли і як наслідок вплив надійності рухомого складу.

Низка замірів показала, що на електричному транспорті погіршення якості електричної енергії є наслідком роботи електричного обладнання метрополітену і різні електричні прилади вносять свої погіршення на якісні параметри електрики. В той же час виявлено, що гармонічні складові мають вплив на технічні елементи і вузли рухомого складу.

Тому питання визначення елементу Що призводить до погіршення якості електричної енергії на рухомому складі – актуальний напрям розвитку діагностичного обладнання. Параметри якості електричної енергії визначалися в різних вузлах схем електричних мереж. Вимірювання виконувалися на межі балансової належності постачальника і споживачів.

Безпосереднє визначення спектральної складової для елементів схем рухомого складу не завжди можливе, бо рухомий склад виконує пересування в просторі. В мережі завжди є в наявності значна кількість збурювачів, що призводить до отримання непередбачуваних результатів.

Електропостачання споживачів метрополітену здійснюється від енергосистеми міста трифазним змінним струмом частотою 50 Гц кабельними лініями напругою 6 або 10 кВ [2]. Оскільки електроприймачі метрополітену належать до 1-ї категорії, підстанції метрополітену підключають безпосередньо до генеруючих джерел та основних (районних) підстанцій енергосистеми без заведення до інших міських споживачів по двох роздільних секціях шин РП 6-10 кВ. Кожна тягова підстанція живиться від двох джерел живлення або безпосередньо, або від одного джерела живлення через кабельні перемички між підстанціями. Живлення підстанції здійснюється від понижуючої підстанції 110/10 кВ міських електромереж. Але в мережі живлення рухомого складу виникають гармонійні складові струму, тобто наявний змінний струм різних частот.

Підшипники кочення мають свої характерні частоти дефектів, які визначаються їх геометричними розмірами. Ці частоти можна розрахувати для внутрішньої та зовнішньої доріжок, сепаратора та кулькових або роликів елементів.

На відміну від інших типів пошкоджень, характерні несучі частоти з'являться в спектрі лише за наявності дефектів у конкретних несучих елементах. Крім того, в спектрі може з'явитися відразу кілька частотних складових, характерних саме для цього пеленга. Наприклад, якщо є будь-який дефект на зовнішній доріжці, через деякий час цей дефект призведе до зносу та деградації тіл кочення, а потім перенесеться на внутрішнє кільце підшипника.

Так, за наявністю гармонійних сплесків у дренажному струмі, кратних несучій частоті, можна визначити ступінь пошкодження опорних поверхонь, а за формою струму в момент кидка на несучу частоту може визначити наявність поломки (іскровий розряд) і зробити висновок про забруднення мастила підшипників.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гриба О. Г. Якість електричної енергії. Том2. «Контроль якості електричної енергії»/Гриба О. Г. – Харків: Монографія ПП«Граф-Ікс», 2014. – 244 с.
2. Далека В. Х. Електропостачання електричного транспорту : навч. посібник / В. Х. Далека, В. К. Нем, В. І. Скуріхін ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 168 с.

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. За статистичними даними повітряні лінії електропередачі (ПЛ) є найбільш пошкодженим елементом електротехнічних систем, причому переважним видом пошкоджень у мережах високої напруги є короткі замикання на землю. Необхідною ланкою забезпечення живучості та надійності роботи електротехнічних систем є прилади визначення місця пошкодження (ВМП) при КЗ на лініях електропередачі.

Мета досліджень. Методи та засоби визначення місць пошкоджень, їх основні характеристики, виявлення їх недоліків і переваг.

Основні матеріали досліджень. Різноманіття видів та характеру пошкоджень, а також неоднорідність структури та параметрів розподільних електричних мереж не дозволяють отримати універсальний метод ВМП. Перш за все методи ВМП діляться на дистанційні та топографічні. Інший розподіл методів - на високочастотні і низькочастотні. Дистанційні методи полягають у використанні приладів і пристроїв, що встановлюються на підстанціях і показують відстань до пошкодження. Дистанційні методи ВМП забезпечують визначення відстані до місця виникнення пошкодження, а тому частіше за все їх використовують для визначення відстані до місця міжфазного к. з. Однак, вони мають низьку точність вимірювання та складну апаратну реалізацію. Топографічні методи використовують послідовний обхід мережі, вони нечутливі до міжфазних к. з. на кінці лінії та неефективні при пошуку ОЗЗ на ранній стадії його розвитку. Однак, без топографічних засобів дуже складно визначити пошкоджений елемент ПЛ. Використання спеціальної апаратури на трасі забезпечує умову точності ВМП.

Аналіз методів послідовного ділення мережі показав, що вони дозволяють виділити лише пошкоджену ділянку мережі та вимагають великого обсягу попередніх обчислень для визначення оптимальної послідовності перевірок.

Існують також методи ВМП за параметрами аварійного режиму - фіксованими (вимірними) під час КЗ струмами і напругами окремих фаз або послідовностей. Методів визначення місця короткого замикання (ВМКЗ) за параметрами аварійного режиму безліч, однак всі їх можна розбити на методи двостороннього та методи одностороннього виміру. В даний час для визначення відстані до місця пошкодження в основному використовуються мікропроцесорні фіксуючі прилади (МФП) одностороннього виміру, перевагою яких перед іншими пристроями визначення місця пошкодження є висока швидкість отримання результату і зручність його зчитування експлуатаційним персоналом.

Висновки. Таким чином, найбільш перспективними методами визначення місць КЗ є методи на основі параметрів аварійного режиму, які окрім основної інформації (виду КЗ, часу, відстані до місця КЗ), дозволяють визначити додаткові параметри – струми і напруги всіх послідовностей.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гриб О. Г. Одностороннее определение места повреждения воздушных линий по параметрам аварийного режима в сетях с эффективно-заземленной нейтралью. / О. Г. Гриб, Г. А. Сендерович, Д. Н. Калюжный // Электрические станции. – 2006. – №2. – С. 42-46.

2. Прибор для определения места однофазного замыкания на землю в электрических сетях 6-35 кВ типа «Квант». [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://exportpostach.com.ua/ispitatel45.html>



ОЦІНКА ВПЛИВУ РОЗОСЕРЕДЖЕНОГО ГЕНЕРУВАННЯ НА РЕЖИМ  
РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Дирда П. В. магістр, e-mail: [durda@gmail.com](mailto:durda@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Серeda А. І.

Державний біотехнологічний університет

Запропоновано метод визначення оптимальної потужності джерела енергії, що підключається в певному вузлі розподільної мережі, за критерієм мінімуму втрат активної потужності. Він ґрунтується на аналізі економічного розподілу потоків потужності в мережі шляхом оцінки коефіцієнтів струмо розподілу. В енергетичному балансі розвинутих держав світу достатньо інтенсивно зростає відсоток відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), схожа тенденція, останнім часом, має місце і в Україні.

Оскільки ВДЕ розміщуються біля споживачів, то можна говорити про перехід від централізованого електропостачання до розосередженого. Такий перехід має як свої позитивні сторони так і негативні. Розвиток розосередженої генерації розвантажує як основну, так і розподільну мережу, що сприяє зниженню втрат електричної енергії, підвищенню надійності й стійкості ЕЕС і вносить додаткові можливості в реалізацію ринків електроенергії, звільняючи пропускні здатності зв'язків;

Неоднозначний вплив розосередженої генерації на якість електроенергії за рівнями напруг та за генерацією вищих гармонік у систему; підключення джерел розосередженої генерації до розподільної мережі збільшує струми короткого замикання, що вимагає заміни комутаційних апаратів, зміни настроювань захистів та ін.

Поява розосередженої генерації ускладнює диспетчерське керування ЕЕС, зміщуючи його функції на розподільну мережу. Проблема при цьому полягає у високій невизначеності режимів роботи малої генерації внаслідок нерівномірності завантаження агрегатів, відсутності поточної інформації про їхню роботу й ін.

За рахунок державного стимулювання розвитку ВДЕ достатньо часто виникає ситуація, коли їх потужність зростає на стільки, що замість зниження рівня втрат в розподільній мережі відбувається їх зростання. Тому постає задача оцінювання впливу розосередженого генерування на рівень втрат електричної енергії в розподільних мережах.

На основі виконаної оцінки можна обґрунтувати межу розбудови вже існуючих джерел розосередженого генерування і підібрати місце підключення нового джерела з певною проектною потужністю.

Розроблення методу, за яким можна виконати оцінку оптимальної, з огляду на втрати електричної енергії, потужності ВДЕ, яке підключається в певній точці мережі. Поява додаткових джерел в розподільних електричних мережах призвела до того, що розглядати їх потрібно не як магістрально-радіальні, а як мережі з двостороннім живленням. Тому для досягнення поставленої мети необхідно виконати аналіз розподілу потоків потужності в мережі.

Використовуючи результати досліджень для розв'язання задачі оптимального розподілу потоків потужності, з допущенням про відсутність перетоків реактивної потужності та реактивних складових схеми заміщення елементів мережі, можна отримати в матричній формі залежність для перетоків активних потужностей в витках.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах // Технічна електродинаміка. - 2011. - №1. - С. 46 – 53.

Теплові електростанції сьогодні є найпоширенішими серед виробників електроенергії, а також екологічно небезпечними об'єктами. Зменшення техногенного навантаження на навколишнє середовище від теплоенергетичних підприємств шляхом впровадження екологічно чистої технології спалювання твердого палива є актуальною проблемою. Вивчаючи досвід, передусім європейських країн, можна виділити найкращі доступні технології спалювання вугілля та інших видів твердого палива, що дозволять досягти зниження штрафів за забруднення довкілля:

- заміна викидів димових газів в атмосферу скиданням в градирню (у цьому випадку є можливість відмовитися від монтажу димової труби, але необхідно утилізувати забруднені стоки);

- застосування електрофільтрів (дозволяє вловлювати понад 99,5 % золи, витрати електроенергії на власні потреби фільтра – 0,1...0,2 % від загального виробітку енергоблоком);

- застосування тканинних фільтрів (уловлення понад 99,5 % золи);

- циклони (під впливом відцентрових сил у циклоні частки золи відокремлюються від основного потоку димових газів, ефективність – 85...90 %);

- скрубери сіроочищення димових газів (мокрый вапняний скрубєр (ефективність – 92...99,5 %, побічний продукт – гіпс), скрубєр із упорскуванням морської води (ефективність – 85...98 %), лужні скрубєри, сухі);

- ступінчаста подача повітря в топку (у таких умовах в основній зоні горіння пригнічується окислення паливного азоту в NOx, зменшується утворення термічних NOx внаслідок зниження піку температур);

- Підтримка низького надлишку повітря при горінні (цим методом можна домогтися скорочення викидів NOx на 10 ... 44%);

- рециркуляція частини димових газів у топку (знижує температуру полум'я та обмежує надлишок кисню та азоту для окислення, тим самим знижує утворення оксидів азоту як паливних, так і термічних);

- зниження температури підігріву повітря (призводить до зниження температури факелу в зоні горіння, знижується утворення термічних NOx);

- ступінчасте спалювання (створення декількох зон горіння в камері згорання при різних рівнях подачі палива та повітря, забезпечуючи перетворення NOx назад в азот);

- використання малотоксичних (ультрамалотоксичних) пальників (базується на принципах зниження пікової температури полум'я для зменшення утворення оксидів азоту);

- селективне каталітичне відновлення (ВКВ) оксидів азоту за допомогою аміаку або сечовини у присутності каталізатора (метод заснований на відновленні NOx до N<sub>2</sub>);

- селективне некаталітичне відновлення (СНКВ) оксидів азоту за допомогою аміаку чи карбаміду без каталізатора.

Впровадження найкращих доступних технологій спалювання твердих палив дозволить не лише раціонально використовувати сировину а й досягти зниження шкідливого впливу на навколишнє середовище.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кучер О., Єрмаков С. Формування ринку біопалива в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування. Кам'янець-Подільський, 2022 С.205-208

2. Кобцева Н. Ю. Экологическое нормирование. Наилучшие доступные технологии (НДТ). Успехи в химии и химической технологии. 2011. № 10.

3. Гуцол Т., Єрмаков С., Rozkosz A. Торефікація як спосіб покращення споживацьких характеристик біомаси. Аграрна наука та освіта в умовах євроінтеграції. 2019. С.21-23.

ПРОБЛЕМИ ЗАЛУЧЕННЯ МАЛОПОТУЖНИХ СПОЖИВАЧІВ ДО КЕРУВАННЯ  
ПОПИТОМ НА ЕНЕРГОРИНКАХ

Кіянчук В. М., аспірант, e-mail: [Vladyslav.Kiianchuk@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Vladyslav.Kiianchuk@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: к.т.н., с.н.с. Махотіло К. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Керування попитом в енергосистемі відіграє важливу роль у забезпеченні стабільності енергопостачання та оптимізації витрат на виробництво електроенергії. Застосування методів керування попитом дозволяє підтримати баланс потужність у системі, зменшити пікові навантаження та знизити ціни на оптових ринках [1]. Питання керування попитом активно досліджуються у роботах вітчизняних та закордонних вчених, проте вони переважно розглядають великих промислових споживачів. Питання участі малопотужних споживачів в програмах керування попитом, зокрема через агрегаторів, потребує додаткових досліджень.

Зараз в усьому світі активно запроваджуються досвідні програми реагування попитом малопотужних споживачів. Успішним прикладом такої програми є лісопильний завод Misawa Homes, який працює на ринку допоміжних послуг через агрегатора Sympower [2]. На заводі використовують гнучкість свого енергоспоживання потужних промислових вентиляторів, що не обов'язково мають бути активними протягом усього процесу сушіння з метою отримання прибутку та економії витрат на електроенергію. Періодичне короткотермінове вимикання вентиляторів не суттєво впливає на кількість часу, потрібного для висихання деревини. Завдяки агрегатору завод розширює типи послуг, що надаються енергосистемі, не лише вимикаючи вентилятори за командою, а й плавно регулюючи споживану ними потужність.

Проте аналіз таких програм показує, що при залученні малих споживачів до керування попитом часто виникають складнощі, що стають на заваді подальшому поширенню:

- низький рівень свідомості та інформованості споживачів про можливості керування попитом та його вплив на енергозабезпечення;
- обмежена функціональність наявних систем обліку та управління енергоспоживанням більшості споживачів;
- недостатнє розуміння малими споживачами можливої вигоди та зобов'язань при участі у керуванні попитом;
- низька мотивація малих споживачів до участі у системі керування попитом, очікування складності організації процесу та додаткових витрат на участь;
- необхідність додаткових витрат на обладнання та програмне забезпечення, необхідні для залучення малих споживачів до керування попитом.

Разом з тим, малопотужні споживачі сумарно мають значний потенціал керування попитом в енергосистемі. Завдяки агрегаторам їх можна об'єднати та керувати ними як єдиним цілим, мінімізуючи для кожного учасника витрати на адміністрування. Розвиток технологій «розумних» мереж та автоматизованого керування енергоспоживанням спрощує участь в програмах регулювання попиту та вихід на ринки допоміжних послуг.

Широке залучення малих споживачів до керування попитом в енергосистемі все ще залишається складною організаційною, технічною і науковою проблемою. Для її розв'язання, зокрема, необхідним є розвиток методів моделювання та керування навантаженням різного типу малопотужних споживачів, як окремих, так і об'єднаних агрегатором.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кіянчук В. М. Аналіз допоміжної послуги оператору енергосистеми «demand response» / В. М. Кіянчук, О. П. Лазуренко, К. В. Махотіло // XXX міжнародна науково-практична конференція MicroCAD-2022, Секція 1: Енергетика, електроніка та електромеханіка, 2022. – с. 76.
2. Sympower Misawa Homes [Електронний ресурс] // Sympower – Режим доступу до ресурсу: <https://sympower.net/misawa-homes-of-finland/>

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Підвищення ефективності функціонування виробництва та нормальної життєдіяльності сільського населення в першу чергу пов'язане з надійним електропостачанням. На даний час цей показник є недостатньо високим. У зв'язку з цим, у даній роботі досліджено можливості з підвищення надійності електропостачання споживачів на основі секціонування та резервування розподільних мереж 10 кВ.

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

Основні матеріали досліджень. Об'єкти електричних мереж характеризуються високою вартістю основних фондів. При цьому основна частина поточних витрат і прибутку визначається вкладеними інвестиціями.

Основним фактором, що визначає розвиток мереж і економічні показники діяльності мережного підприємства, є реконструкція та технічне переозброєння мереж, у тому числі поліпшення конфігурації мереж і застосування нового обладнання.

Відновлення (реконструкція) мереж у колишніх параметрах і повному обсязі з економічних і технічних причин сьогодні недоцільна. Нові умови змінили вимоги, пропонувані до мереж, виникла необхідність у глобальному відновленні мереж, створенні мереж нового покоління, що відповідають економіко-екологічним вимогам і сучасному технічному рівню розподілу енергії відповідно до вимог споживача.

В сільських розподільних електричних мережах напругою 10 кВ використовуються такі методи забезпечення надійності електропостачання як ручне та автоматичне секціонування, автоматичне мережне резервування. Ручне секціонування, шляхом виконання повторних пробних вмикань лінії, дозволяє визначити пошкоджену ділянку мережі 10 кВ. Але час пошуку ділянки є досить значним. До того ж, у випадку виникнення пошкоджень на головних ділянках лінії, значна кількість споживачів залишається без електричної енергії на час проведення ремонтних робіт.

Особливої уваги заслуговують методи підвищення надійності сільських розподільних мереж 10 кВ шляхом автоматичного секціонування та резервування на основі сучасних комутаційних апаратів, наприклад, вакуумних реклоузерів. Важливим фактором доцільності використання даних технічних засобів є широкі можливості щодо релейного захисту та телемеханізації. Автоматичне секціонування мережі 10 кВ дозволяє скоротити тривалість перерв електропостачання, проте не вирішує проблеми низької надійності при виникненні пошкоджень на головних ділянках лінії. Автоматичне мережне резервування дозволяє частково уникнути вищезазначених недоліків.

Висновки. Для підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів в розподільних електричних мережах напругою 10 кВ доцільно використовувати автоматичне мережне резервування. Розрахунки показують, що сумарне зниження обсягу недовідпущеної споживачам електроенергії сягає 40 – 60 %.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зорин В. В. Надежность систем электроснабжения. / В. В. Зорин, В. В. Тисленко, Ф. Клеппель, Г. Адлер. – К.: Вища школа, 1984. – 192 с.
2. Буйний Р. О. Моделі і методи оптимізації надійності повітряних розподільних електричних мереж: автореф. дис. на присв. наук. ступеня канд. техн. наук. / Р. О. Буйний. – К., 2005. – 19 с.



Одним з основних і найбільш важливих режимних параметрів в сільських мережах 0,38/0,22 кВ, що визначає якість електроенергії є несиметрія струмів і напруг. Несиметрія струмів і напруг призводить до додаткових відхилень напруги у споживачів, збільшення втрат електроенергії, погіршення умов роботи електроустаткування, зниження його терміну служби і т. д.

Аналіз наукових робіт, які висвітлювали проблеми боротьби з неякісною електричною енергією в сільських мережах 0,38/0,22 кВ [1, 2], показує, що на сьогоднішній день існує безліч методів і технічних засобів щодо поліпшення показників якості та зниження втрат електричної енергії, але всі вони через свою високу вартість, низьку надійність та ефективність за наявності протяжних ліній, що живлять комунально-побутове навантаження, не отримали широкого використання. Тому відсутність комплексного підходу до вирішення проблеми якості електричної енергії не давала змоги вироблення об'єктивних рекомендацій щодо методів, способів і технічних засобів зниження втрат електроенергії.

Найбільш часто несиметрія напруг виникає через нерівності навантажень фаз. У міських і сільських мережах 0,38 кВ несиметрія напруг викликається в основному підключенням однофазних освітлювальних і побутових електроприймачів (ЕП) малої потужності. Кількість таких однофазних ЕП велика, і їх потрібно рівномірно розподіляти за фазами для зменшення несиметрії. Симетрична трифазна система напруг характеризується однаковими за модулем і фазними напругами у всіх трьох фазах. При несиметричних режимах напруги в різних фазах не рівні. Розрізняють два види несиметрії: систематичну і ймовірнісну, або випадкову. Систематична несиметрія обумовлена нерівномірним постійним перевантаженням однієї з фаз, ймовірнісна несиметрія відповідає непостійним навантаженням, при яких в різний час перевантажуються різні фази в залежності від випадкових чинників (переміжна несиметрія).

Нерівність параметрів ліній по фазах має місце, наприклад, при відсутності транспозиції на лініях або подовжених її циклах. Транспозиційні опори ненадійні і є джерелами аварій. Зменшення числа транспозиційних опор на лінії зменшує її пошкоджуваність і підвищує надійність. В цьому випадку погіршується вирівнювання параметрів фаз лінії, для якого зазвичай застосовується транспозиція [3].

Появу напруг і струмів зворотної та нульової послідовності призводить до додаткових втрат потужності та енергії, а також втрат напруги в мережі, що погіршує режими і техніко-економічні показники її роботи. Струми зворотної і нульової послідовностей збільшують втрати в подовжніх гілках мережі, а напруги і струми цих послідовностей - в поперечних гілках.

Висновки. На сьогоднішній день існує безліч методів і технічних засобів щодо поліпшення показників якості та зниження втрат електричної енергії, але всі вони через свою високу вартість, низьку надійність та ефективність за наявності протяжних ліній, що живлять комунально-побутове навантаження, не отримали широкого використання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Леонт'єв, В. О. Симетрування неповнофазних режимів в розподільних електричних мережах: монографія / В. О. Леонт'єв. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 164 с.
2. Бурбело Л. М. Симетрування навантажень вузлів електричних мереж з використанням двофазних симетру-вальних установок / Л. М. Бурбело., М. В. Кузьменко., О. О. Бірюков., О. М. Кінзерська // Вісн. ВПІ. – 2008. – № 5. – С. 35–38.
3. Кузнецов В.Г. Електромагнітна сумісність. Доза несиметрії напруги / В. Г. Кузнецов, Е. Г. Курінний, О. П. Лютий – Технічна електродинаміка, 2005, №3. – С. 49-53.

## АНАЛІЗ ПИТАННЯ ДІАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ТА ОЦІНКА ЇХ СТАНУ

Літвінов А. М., магістр, e-mail: [litvinov@ukr.net](mailto:litvinov@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

В даний час значна частина енергообладнання виробила термін експлуатації, визначений згідно з нормативними документами, і використовується на межі своїх можливостей, тому розробка системи оцінки технічного стану енергетичного обладнання електричних станцій, підстанцій і електричних мереж є актуальним завданням.

Актуальність теми дослідження обумовлена гострою потребою переходу до системи обслуговування обладнання по його технічного стану, а не на базі системи планово-попереджувальних ремонтів. Головним недоліком системи планово-попереджувальних ремонтів є відсутність комплексного підходу до обслуговування електроустаткування, що може стати причиною необґрунтованої трудомісткості ремонтів обладнання [1, 2].

Зараз в електроенергетичній галузі почали активно застосовуватися інформаційні комплекси, що забезпечують збір, обробку та зберігання інформації з різних датчиків і систем моніторингу окремих видів обладнання, дані з яких отримують в режимі реального часу. Така інформація є достатньою і більш достовірною в порівнянні з даними, отриманими при діагностуванні виведеного з роботи обладнання, але вимагає автоматизації процесів обробки та аналізу даних на основі використання експлуатаційного досвіду, а також отримання об'єктивних оцінок стану обладнання незалежно від кваліфікації персоналу.

Для підвищення надійності електропостачання споживачів і зниження кількості енергетичного обладнання, в тому числі і кабелів, пошкоджуються при проведенні профілактичних випробувань ізоляції підвищеною напругою, доцільно використовувати руйнівні методи випробувань і діагностики кабелів в умовах експлуатації. Дані методи діагностики базуються на періодичних вимірах найбільш значущих характеристик ізоляції.

Необхідний електричний опір жил кабелю відносно один одного і заземленою оболонці або землі забезпечується ізоляцією. Ізоляція кабелів розділяється на розташовану безпосередньо на струмоведучих жилах (ізоляція жив) і накладену між ізольованими жилами або поясний ізоляцію.

До ізоляційних захисних матеріалів, що застосовуються у виробництві кабелів, висуваються жорсткі вимоги. Вони повинні мати високу механічну міцність, щоб витримувати без пошкоджень численні вигини при розміщенні на барабанах і виконанні робіт при прокладанні, забезпечувати необхідну довговічність, так як при виникненні пошкоджень кабельних ліній, особливо прокладених в траншеях або блоках, виникають тривалі перерви в електропостачанні, а також необхідні досить тривалі і дорогі роботи по знаходженню та усуненню пошкоджень [3].

Висновки. Як показують дані порівняльного аналізу методів оцінки стану ізоляції, підвищення якості контролю стану ізоляції кабельних ліній досягається отриманням оцінки стану ізоляції цих ліній без їх відключення від електричної мережі і підвищенням оперативності реагування на випадки пошкодження в ізоляції.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Балашов, А. І. Кабелі й проведення. Основи кабельної техніки / А. І. Балашов, М. А. Боев, А. С. Воронцов та ін. ; під редакцією І. Б. Пешкова. - М. : Вища школа, 2009. – 470 с.
2. Бельський А. Б., Бусарев А. В., Галеев Д. Р., Заріпов Д. К. Багатоканальний прилад для оперативної діагностики технічного обладнання / А. Б. Бельський, А. В. Бусарев, Д. Р. Галеев, Д. К. Заріпов // Прикладна фізика. – 2010. – №5. – С. 108-113.
3. Привалов І. М. Силові кабельні лінії напругою до 35 кВ. Неруйнівного діагностика і технічне обслуговування // Стройпрофіль. – 2009. – № 2. – С. 20-23.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ В АСКОЕ

Лотоцький Я. В., магістр, e-mail: [lototskiy999z@gmail.com](mailto:lototskiy999z@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Дудніков С. М.

Державний біотехнологічний університет

На теперішній час в Україні знижується обсяг електроспоживання, що викликає природне зниження завантаження елементів електропередачі. Наслідком цього є перехід елементів електропередачі на неекономічний режим. Одним із шляхів підвищення ефективності систем електропостачання є усунення недосконалості систем обліку електроенергії.

Підвищення ефективності енергоспоживання за рахунок збільшення рівня надійності передачі даних в автоматичній системі контролю та обліку електричної енергії (АСКОЕ).

Аналіз стану систем обліку електричної енергії в сільських районах доводить, що підвищення ефективності функціонування даних систем можливо тільки на основі автоматизації розрахунків споживачів, що, в свою чергу, здійснюється при підключенні споживачів до АСКОЕ, яка поєднана низкою каналів передачі даних зі споживачами і постачальниками електричної енергії.

Існує три основних рішення організації передачі даних енергообліку в АСКОЕ:

- професійні радіоканальні системи;
- GSM – системи (GSM – зв'язок);
- PLC – технології (передача по лініях електропередачі).

Переваги GSM-систем полягають в наступному: простота в тестуванні і установці та велика зона охоплення

Недоліки: можливість впливу перешкод від апаратури, що працює в діапазоні каналу GSM; коштовна експлуатація (абонентська платня, платня за сеанси зв'язку; низька частота тест-сигналів (максимум 2 рази на добу); відсутність єдиних стандартів передачі даних, низька здатність до інтеграції та висока кошовність обладнання об'єкту; всі об'єкти обліку повинні бути розташовані в зоні покриття оператора стільникового зв'язку.

Зазначені недоліки обмежують можливості масового впровадження системи GSM для побудови єдиної безальтернативної системи обліку електричної енергії, особливо на споживацькому рівні.

Особливостям застосування PLC – технології притаманні:

1. Невелика кількість ВЧ каналів на окремій лінії електропередачі (в основному на одній лінії один канал ВЧ зв'язку);
2. Низький рівень лінійних перешкод;
3. Можливість обрання частоти каналів передачі даних і зв'язку незалежно від частот каналів у сусідніх районах.

Порівняльний аналіз переваг і недоліків розглянутих систем передачі даних енергоспоживання приводить до висновку, що в сільській місцевості найбільш ефективним (максимум корисного ефекту при мінімумі витрат) є метод передачі даних енергоспоживання згідно PLC-технології.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dudnikov S, Miroshnyk O, Kovalyshyn S, Ptashnyk V, Mudryk K, Methodological aspects of evaluating the effectiveness of using local energy systems with renewable sources, E3S Web of Conferences 154, 07013

2. Serhii Dudnikov, Oleksandr Miroshnyk, Oleksandr Moroz, Oleksandr Savchenko, Iryna Trunova and Volodymyr Pazy, Substantiation of Algorithms of Functioning of the Combined Power Supply System with Renewable Sources, Easy Chair Preprint № 6745

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ  
ЯК ЗОПОРУКА ЯКОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЕНЕРГООБЛАДНАННЯМазур А. А., студент, e-mail: [oleg.gorbovuy@gmail.com](mailto:oleg.gorbovuy@gmail.com)Науковий керівник: Горбовий О. В., магістр, асистент;  
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

Значний вплив на втрати електричної енергії в електричних мережах підприємств робить реактивна потужність, що призводить не лише до збільшення втрат енергії, але і до зниження пропускної спроможності мереж та збільшенню втрат напруги і як наслідок до зниження якості електричної енергії.

Тому для зменшення реактивної потужності в електричних мережах і зниження негативних наслідків, що викликаються нею, повинна здійснюватися компенсація реактивної потужності. Компенсація реактивної потужності забезпечує дотримання умови балансу реактивної потужності, сприяє зниженню втрат енергії в електричних мережах, збільшенню їх пропускної спроможності, а також дозволяє здійснювати регулювання напруги за рахунок застосування компенсуючих пристроїв. Тому компенсація реактивної потужності може розглядатися як досить актуальний і ефективний напрям енергозбереження.

Компенсація реактивної потужності буває індивідуальної - місцевої, і централізованої - загальної. При індивідуальній компенсації паралельно навантаженні підключають один або кілька косинусного конденсаторів, при місцевій компенсації - певна кількість конденсаторів підключається до головного розподільного щита. Почнемо з індивідуальної компенсації це найпростіший і недорогий спосіб компенсації реактивної потужності. У цьому випадку число косинусного конденсаторів або конденсаторних батарей відповідає числу навантажень, і кожен конденсатор розташований безпосередньо біля відповідного навантаження (наприклад, поруч з двигуном). Але така компенсація реактивної потужності може бути застосована тільки для постійних навантажень (наприклад, один або якусь кількість асинхронних двигунів з постійною швидкістю обертання), виходить, що там, де реактивна енергія кожного з навантажень з плином часу змінюється незначно і для її компенсації не потрібно змінювати номінали підключених конденсаторних батарей. Ось тому індивідуальна компенсація через не мінливого рівня реактивної потужності навантаження і певної реактивної потужності конденсаторів називається також нерегульованою. І для неї використовуються нерегульовані конденсаторні установки. Централізована компенсація - це компенсація за допомогою однієї регульованою автоматичної установки компенсації реактивної потужності УКРМ, яка встановлюється на ввіді і має в своєму складі автоматичний регулятор реактивної потужності, який, аналізуючи мережу підбирає ступені регулювання реактивної потужності. Цей спосіб є найбільш поширеним і ефективним. встановлюється на ввіді і має в своєму складі автоматичний регулятор реактивної потужності, який, аналізуючи мережу підбирає ступені регулювання реактивної потужності.

Узагальнюючи можна твердити що правильна компенсація реактивної потужності є найбільш дешевим та ефективним способом підвищення усіх показників електропостачання що значно зменшує всі види втрат електроенергії в електромережах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Tryhuba, A., Bashynsky, O., Garasymchuk, I., Gorbovy, O., Vilchinska, D., Dubik, V. Research of the variable natural potential of the wind and energy energy in the northern strip of the ukrainian carpathians(2020) E3S Web of Conferences, 154, art. no. 06002.
2. Results of experimental research in separator dielectric aspiration channel / Olexiy Shokarev, Serhii Kiurchev, Oleksandr Shokarev, Anatolii Rud, Oleg Gorbovy // Engineering for Rural Developmentthis link is disabled, 2021, 20, pp. 1611–1616



## ПРОГНОЗ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ ЗА ДОПОМОГОЮ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

Мальований М. В., магістр, e-mail: [malovmv@ukr.net](mailto:malovmv@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Проблеми обліку, планування і зменшення втрат електроенергії в електроенергетичних системах є дуже актуальними. Тому дослідження по пошуку ефективних методів оцінювання, прогнозування і планування втрат електроенергії також представляють великий інтерес. Мета досліджень полягає у виявленні найоптимальнішого типу нейромережі, здатного надати найточніші результати прогнозування втрат електроенергії для розподільних мереж 10 – 0,38 кВ.

Основні матеріали досліджень. Найбільш перспективним рішенням проблеми зниження втрат електроенергії є розробка, створення і широке застосування автоматизованих систем контролю і обліку електроенергії (АСКОЕ), щільна інтеграція цих систем з програмним і технічним забезпеченням автоматизованих систем диспетчерського керування (АСДК) з використанням надійних каналів зв'язку і передачі інформації [1].

Удосконалення систем АСКОЕ здатністю прогнозування втрат електроенергії з використанням нейромережевого моделювання є ефективним способом зменшення похибки, яка допускається при вимірюванні та розрахунку втрат електроенергії у мережі, а отже и уточнення результатів вимірювання втрат електроенергії. Слід також відмітити, що вартість втрат електроенергії є одним із складових тарифів на електроенергію. У цій ситуації регулювання тарифів покладається на державні регулюючі органи. При цьому організації, що енергозабезпечують, повинні обґрунтовувати рівень втрат електроенергії, які вони вважають за доцільне включити в тариф, а енергетичні комісії – приймати ці обґрунтування або коригувати їх. Таким чином, енергопідприємствам украї важливо знати очікуваний рівень втрат електроенергії в обслуговуваному ними енергорайоні [2].

Для прогнозування втрат електричної енергії досить часто використовують нейронні мережі. Найбільш поширеною нейронною мережею для вирішення даної задачі є мережа, що не має зворотних зв'язків, вона ще називається мережею з прямою передачею сигналу. Такі мережі часто мають один або більше прихованих шарів нейронів з сигмоїдальними функціями активації, тоді як вихідний шар містить нейрони з лінійними функціями активації. Мережі з такою архітектурою можуть відтворювати дуже складні нелінійні залежності між входом і виходом мережі. Ця мережа може бути використана для апроксимації функцій. Вона може достатньо точно відтворити будь-яку функцію з кінцевим числом точок розриву, якщо задати достатнє число нейронів прихованого шару [3].

Висновки. За даними отриманими від нейромережевого моделювання можна стверджувати, що найбільш точніші результати показала мережа з прямою передачею сигналу. Результат узагальнено-регресійної мережі не враховувався, тому що на практиці він може не навчатися і прогнозувати, а відтворювати попередні результати, тому узагальнено-регресійна мережа підлягає подальшому опрацюванню.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mandic D.P. Recurrent Neural Networks for Prediction / D. P. Mandic, J. A. Chambers. – Chichester: John Wiley&Sons, 2001. – 285 p.
2. Tzafestas S., Tzafestas E. Computational intelligence techniques for short-term electric load forecasting / S. Tzafestas, E. Tzafestas. – Journal of Intelligent and Robotic Systems, 2001. – 31. – P. 7 – 68.
3. Бодянський Є. В. Короткострокове прогнозування споживання електроенергії на основі штучної багатосарової нейро-фаззі мережі / Є. В. Бодянський, С. В. Попов, Т. В. Рибальченко, Н. Н. Титов // Енергетика та електрифікація, 2008 , №9. – С. 37–43.

## ОБГРУНТУВАННЯ МЕЖІ ЗАТРАТ НА ВПРОВАДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Марков Д. О., магістр, e-mail: [markov98dima@gmail.com](mailto:markov98dima@gmail.com)Науковий керівник: доц. Дудніков С. М.,  
Державний біотехнологічний університет

Від величини допустимих величин затрат ( $Z'_t$ ) на побудову і використання місцевої системи енергопостачання від альтернативних джерел (МСАДЕ) залежить собівартість окремих видів виробленої місцевими установками енергії. Для дослідження алгоритмів розв'язку  $Z'_t$  на впровадження і використання МСАДЕ за рік  $t$  доцільно створювати комп'ютерну програму.

$$Z'_t = D_t - Z_t, \quad (1)$$

де  $D_t$  – доход від впровадження МСАДЕ за  $t$ -й рік:

$$D_t = B_{иц} - B_{лм} \quad (1)$$

де  $B_{иц}$  – грошові витрати на купівлю енергоносіїв від ЦС за  $i$ -тий рік, грн.;

$B_{лм}$  – грошові витрати на отримання обсягів енергоносіїв від КСЕП за  $i$ -тий рік, грн.

$Z_t$  – затрати за  $t$  – й рік, пов'язані з капітальними і експлуатаційними витратами на використання МСАДЕ, обсяги яких з урахуванням [163] складають:

$$Z_t = \Delta B_{та} + EK, \quad (2)$$

де  $E$  – банківська процентна ставка, в.о.;

$K$  – капітальні вкладення в проект МСАДЕ, грн;

$\Delta B_{та}$  – експлуатаційні витрати на отримання різних видів енергії від місцевої системи за  $t$ -й рік, грн.

В складі комбінованої системи енергопостачання (КСЕП) обсяги використання МСАДЕ в більшості випадків залежить від співвідношення цін на енергоресурси централізованої системи ЦС. Величина  $Z'$  може мати наступні варіанти значень:

- $Z' = 0$  – грошовий баланс: витрати на отримання енергоносіїв від ЦС і КСЕП рівні;
- $Z' > 0$  – витрати на отримання енергоносіїв від ЦС більші ніж від КСЕП;
- $Z' < 0$  – витрати на отримання енергоносіїв від ЦС менші ніж від КСЕП.

За величинами обсягів  $Z'_t$  на першому етапі проектування приймаються рішення, впровадження яких надало б споживачу бажаний економічний ефект і можливість перейти до наступного етапу проектування – обґрунтування організаційних і технічних заходів в напрямку зменшення собівартості вироблених видів енергії до прийнятої величини.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Qawaqzeh, M., Dudnikov, S., Miroshnyk, O., Moroz, O., Savchenko, O., Trunova, I., Pazyi, V., Danylchenko, D., Iegorov, O., Halko, S., Buinyi, R. Development of Algorithm for the Operation of a Combined Power Supply System with Renewable Sources (2022) 2022 IEEE 3rd KhPI Week on Advanced Technology, KhPI Week 2022 - Conference Proceedings, DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916372

2. Попадченко С., Дудніков С. (2022) «Перспективи розвитку сільських інтелектуальних електричних мереж», Науковий журнал «Інженерія природокористування», (1(23), с. 120-125. doi: 10.5281/zenodo.6824085

## АНАЛІЗ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ

Мартиненко Д. О., магістрант, e-mail: [dmitrmartynenko87@gmail.com](mailto:dmitrmartynenko87@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Трунова І. М.

Державний біотехнологічний університет

Якість електричної енергії характеризується наданими фізичними параметрами споживачів електричної енергії, та їх відповідність встановленим нормам. Параметр якості за нормальних умов експлуатації електричної енергії в точці підключення споживача має відповідати параметрам, визначеним у ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення».

Моніторинг якості електричної енергії здійснюється за двома напрямками – перевірка параметрів якості електроенергії в точках розподілу споживачів за їх скаргами та моніторинг показників якості електричної енергії в системі розподілу/передачі.

Аналіз показників якості електроенергії в системах розподілу електроенергії затверджено постановою НКРЕКП згідно з вимогами розділу VI кодексу систем розподілу електроенергії № 310 від 14.03.2018 (далі – КСР), шляхом вимірювання стаціонарними або переносними засобами в окремих елементах мережі розподільної системи.

Загалом за перше півріччя 2022 року OSR надійшло 8916 скарг на якість електроенергії, що на 36% менше відповідного періоду 2021 року (рис. 1). Так, визнано обґрунтованими 2885 скарг, або 32,3%, а 643 скарги, або 7,21%, визнано не обґрунтованими за результатами вимірювання, 53 або 0,6% – за підсумком, споживач порушив вимоги нормативно-технічної документації. 5255 скарг або 58,9% не прийнято до уваги через отримання письмової відмови споживача від скарги. Досі не вирішено (триває усунення причин погіршення якості електроенергії) – 1411 скарг.

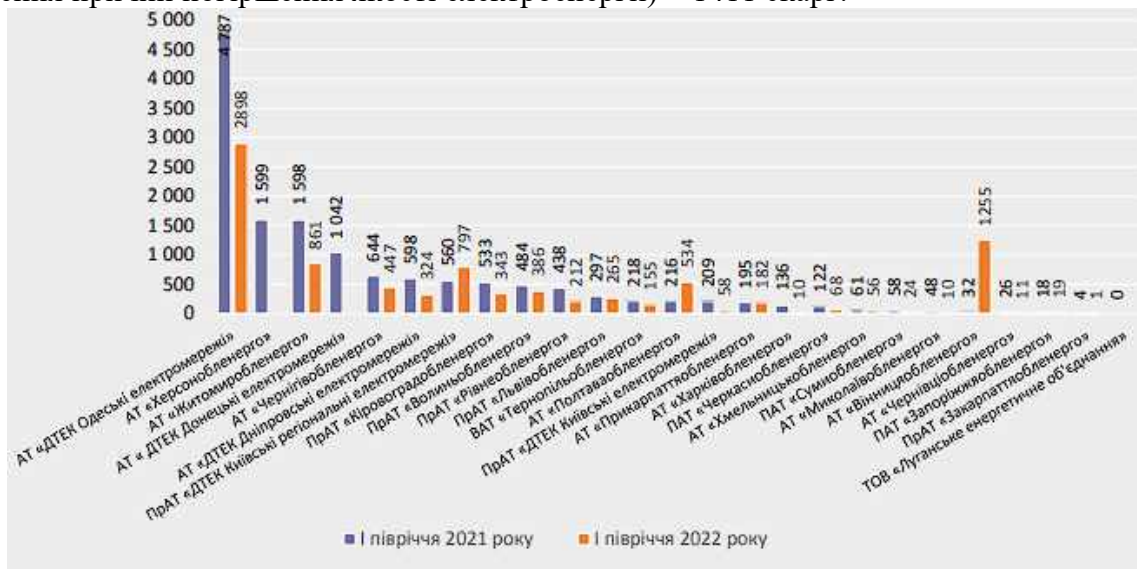


Рисунок 1 - Кількість скарг споживачів на якість електричної енергії у 1-му півріччі 2021 та 2022 років.

Можна допустити, що однією з головних причин відповідного зменшення кількості скарг є зниження уваги споживачів значної кількості регіонів до якості електричної енергії в умовах воєнного стану, окупації територій та ведення воєнних (бойових) дій.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Показники якості надання послуг у сферах електропостачання і централізованого водопостачання та водовідведення у 1-му півріччі 2022 року. - Офіц. видання НКРЕКП, 2022. – 19 с.

АНАЛІЗ СПІВВІДНОШЕННЯ КАБЕЛЬНИХ ТА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ  
ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ У СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КРАЇН СВІТУ

Мартишко А. С., магістр, e-mail: [martyshko92@gmail.com](mailto:martyshko92@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Трунова І. М.

Державний біотехнологічний університет

В сучасних системах електропостачання використовуються повітряні (ПЛ) та кабельні (КЛ) лінії електропередачі. Для наступного порівняльного аналізу надійності електропостачання було проведено дослідження співвідношення ПЛ та КЛ у різних країнах світу та в Україні.

Було визначено, що КЛ найбільш розповсюджені у країнах ЄС, при цьому їх частка в електромережах напругою до 100 кВ включно за даними [1] складає 50% від довжини ПЛ.

В той же час у пострадянських країнах ця частка складає близько 10%. Аналізуючи результати досліджень [1] виявлено, що таке співвідношення не можна пояснити лише тим, що в країнах ЄС (наприклад, Німеччині, Великобританії, Чехії, Австрії) є досить висока щільність мереж, тому що така ж ситуація є і в Індії та Китаї та в країнах Близького Сходу (наприклад, ОАЕ, Кувейті, Ізраїлю). Таким чином, можна припустити, що в розвинутих країнах ЄС вказане співвідношення КЛ та ПЛ має за мету і підвищення надійності електропостачання. Також результати дослідження [1], що аналізувалися, як відмічали дослідники, були найбільш точними саме для країн ЄС. Тому був проведений аналіз щодо відповідності інформації в [1] фактичним даним з останніх звітів НКРЕКП [2,3] (які є на сьогодні у відкритому доступі) щодо співвідношення довжин ПЛ та КЛ в Україні. На 1.01.2020 року [2] та на 1.01.2021 року [3] в мережах передачі електроенергії КЛ напругою 110 – 0,4 кВ складають, відповідно, 15,75 % (3 780,65 км) та 16% (3 938,35 км). Хоча дані звітів НКРЕКП враховують і мережі напругою 0,4 кВ, однак зрозуміло, що відсоток КЛ напругою 0,4 кВ від загальної довжини ЛЕП напругою 0,4 кВ навряд чи може суттєво змінити сумарний відсоток, який значно більший за 10%, що приведений у [1]. Також є тенденція щодо збільшення довжини КЛ порівняно з ПЛ. Що стосується мереж розподілу електричної енергії в Україні, то проведений аналіз дозволив визнати, що в цілому співвідношення ПЛ та КЛ відповідає даним [1]. При цьому, за час з опублікування результатів дослідження [1], частка КЛ зросла майже на 1,8 % і є тенденція до подальшого зростання. Однак, не можна стверджувати, що ця різниця є досить значною, відповідно, це може бути і результатом певних похибок у зборі статистичних даних. Тому вони потребують подальшої уваги та аналізу (за умови відкриття відповідних звітних даних).

Не зважаючи на певні об'єктивні причини, що заважали використовувати більш актуальні дані щодо співвідношення довжини ПЛ та КЛ в Україні (станом на 1.01.2023 року, а не двохрічної давнини), можна стверджувати, що частка КЛ має тенденцію до збільшення по відношенню до ПЛ, але в мережах середньої напруги ще залишається незначною порівняно з країнами ЄС. Тому подальші дослідження будуть спрямовані на розгляді питань щодо підвищення надійності електропостачання розподільними мережами, що використовують КЛ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kalt G., Thunshirn P., Haberla H. A global inventory of electricity infrastructures from 1980 to 2017: Country-level data on power plants, grids and transformers. [Electronic Resource]. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8441158/>
2. Звіт про результати діяльності національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2019 році - Офіц.видання НКРЕКП, 2020. – 353 с.
3. Звіт про результати діяльності національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2020 році. - Офіц.видання НКРЕКП, 2021. – 386 с.



Вимоги до якості електроенергії передбачають необхідність підтримки заданого рівня реактивної потужності загалом підприємству з допомогою конденсаторних установок, розміщених у різних вузлах схеми електропостачання. При цьому основною вимогою до регульованої частини таких установок є досягнення мінімуму перетікання реактивної потужності між вузлами схеми електропостачання з метою зниження втрат електроенергії та підтримки необхідного рівня напруги у споживачів. Тому до складу пристроїв для автоматичного регулювання потужності конденсаторних установок включають блоки вимірювання реактивної потужності і датчиком потужності та виконавчі блоки на виході, які керують включенням або вимкненням секцій конденсаторних установок.

В процесі роботи не враховується реальний розподіл реактивних навантажень по вузлах схеми електропостачання, що призводить до перетікань реактивної потужності та збільшення втрат електроенергії. Крім того, послідовність підключення або відключення секцій конденсаторних батарей в установках в процесі регулювання залишається постійною і визначається параметрами виконавчого блоку на виході. Внаслідок цього відбувається перерозподіл реактивної потужності між вузлами схеми електропостачання, що веде до додаткових втрат електроенергії, що знижує ефективність застосування конденсаторних установок.

Підвищення економічності роботи електричної мережі шляхом зменшення втрат від перетікань реактивної потужності між вузлами схеми електропостачання пропонується визначати вузол з мінімальним або максимальним споживанням реактивної потужності щодо заданого значення та проводити відключення або підключення необхідної кількості секцій батарей відповідних конденсаторних установок. Пристрій для автоматичного регулювання потужності конденсаторних установок містить блок вимірювання реактивної потужності із датчиком потужності, до якого підведені напруги мережі  $U$  і сумарний струм  $I_{\Sigma}$ , вихід якого підключений до елемента витримки часу, що має два виходи, один з яких підключений до об'єднаних входів схем збігу каналу відключення секцій батарей конденсаторних установок, а інший до об'єднаних входів. До схем збігу каналу включення секцій батарей конденсаторних установок.

Відключення секцій відбувається у тому вузлі, у якому втрати споживаного струму мають мінімальне значення. При позитивному сигналі неузгодженості, що перевищує зону нечутливості в позитивній області протягом інтервалу часу  $t$ , після часу  $t$  логічний сигнал високого рівня з'являється на другому виході елемента витримки часу. Це відповідає збільшенню споживання реактивної потужності мережі відносно заданого значення і потрібно включення секцій конденсаторних установок на тому вузлі.

Розглянуті метод і пристрій здійснюють автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок в залежності від заданої в цілому по підприємству споживаної реактивної потужності з урахуванням розподілу навантажень по вузлах схеми електропостачання, що дозволяє не тільки знизити втрати електроенергії в мережі живлення, але і зменшити втрати реактивної потужності в мережі.

Регулювання потужності конденсаторних установок у вузлах схеми електропостачання призводить до зменшення втрат електроенергії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропостачання промислових підприємств: підручник для студентів вищих. навч. закладів. – М.: Інтернет Інжиніринг, 2006. – 672 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ МЕРЕЖ ЗАСОБАМИ  
КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯМатюшевський Д. О., магістр, e-mail: [matjushdo@ukr.net](mailto:matjushdo@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Проблема втрат електроенергії при її транспортуванні є досить гострою в електроенергетиці України. За статистикою саме в розподільних мережах (РМ) втрати електроенергії досягають фізично необґрунтованих значень. Так, щорічно фактичні втрати досягають до 12% від надходження електроенергії в розподільні мережі, яка існуючим чином впливає на тарифи на електроенергію. В міжнародній енергетичній практиці вважається, що якщо сумарні втрати в РМ перевищують 8-9% від надходження електроенергії в мережу, то така передача та розподіл електроенергії вважаються неефективними. Тому особливій уваги заслуговує автоматизація управління режимами та моніторинг втрат електроенергії при її транспортуванні, метою яких є підвищення надійності та упровадження заходів по зниженню втрат електроенергії в розподільних мережах. Одною з головних задач є розробка методики моделювання режимів роботи сільських мереж 0,38/0,22 кВ та вибір оптимального варіанту перерозподілу однофазних навантажень по мінімуму втрат електроенергії засобами комп'ютерного моделювання [1].

Останнім часом через ряд причин як технічних, так і економічних, втрати електроенергії в окремих розподільних мережах є досить істотними, - і це незважаючи на загальну тенденцію до зниження електроспоживання. Виходячи з цього, з'явилася нагальна потреба в упровадженні енергозберігаючих заходів саме в розподільних мережах. Як показують розрахунки, основний ефект в зниженні технічних втрат електроенергії може бути отриманий за рахунок технічного переозброєння, реконструкції, підвищення пропускної можливості та надійності роботи електричних мереж, збалансованості їхніх режимів, тобто за рахунок впровадження капіталоємких заходів.

Втрати електроенергії можна умовно поділити на технологічні та комерційні. Технологічні втрати зумовлені технологією виробничого процесу передачі електроенергії мережами та обліку її надходження й відпуску.

Для моделювання режимів електричних мереж та втрат електричної енергії досить широко використовується програмний продукт Multisim. Інтерфейс користувача Multisim можна налаштувати на свій смак, зміни залежать один від одного. Панелі інструментів можна закріпити в будь-якому місці та змінити їх форму. Інструменти всіх панелей також можна змінювати та створювати нові панелі. Система меню також повністю налаштовується, аж до контекстних меню різних об'єктів [2, 3].

Висновки. Використовуючи засоби комп'ютерного моделювання можливо виконати розрахунок мережі, а також значно підвищити інформаційне обґрунтування процесу прийняття рішень по рівномірному перерозподілу споживачів між фазами. Застосування запропонованої методики дають найбільший ефект саме у максимумах електроспоживання за рахунок рівномірного розподілу навантажень між фазами, знижуючи тим самим втрати електроенергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Р 50-072-98 Методика розрахунку технологічних втрат електроенергії в мережах електропостачання напругою від 0,38 до 110 кВ включно. – К.: Держстандарт України, 1999. – 66 с.

2. Черемісін М. М. Методика пошуку оптимальних заходів по зниженню втрат електричної енергії в розподільчих мережах на базі імітаційної моделі та Парето-метода / Черемісін М. М., Тимчук С. О., Мірошник О. О. // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Х.: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 47, Том 2. – С. 11-16.

Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій. Нормальна робота систем електропостачання як промислових підприємств, транспорту так і сільського господарства та побутових споживачів неможлива без надійного та якісного електропостачання. Електропостачання цих об'єктів здійснюється за допомогою електричних мереж низьких і середніх класів напруги, що виконані повітряними (ПЛ) або кабельними лініями (КЛ). В процесі експлуатації, як ПЛ так і силові КЛ, піддаються комплексному впливу різних чинників, що може привести до їх пробою при досягненні певних граничних значень характеристик ізоляції. Ситуація особливо погіршується у випадку КЛ, оскільки вони прокладені приховано, під землею і виявити точно місце пошкодження та швидко його усунути буває досить складно.

Неминучі матеріальні й фінансові втрати, до яких призводить вихід з ладу КЛ, змушують шукати найбільш ефективні способи усунення пошкоджень, що мінімізують ці втрати. Правильний вибір методу й обладнання для пошуку місць пошкоджень визначають ефективність розв'язку поставленого завдання, тобто максимальну достовірність правильного визначення місця пошкодження й мінімальний час, що затрачується на його пошук.

Для ефективного виявлення місця пошкодження силових кабелів в умовах експлуатації застосовуються різні методи та засоби, як традиційні так і нові, дослідженню яких і присвячена дана робота.

Мета досліджень. Дослідити методи, що використовуються для визначення місць пошкоджень в кабельних лініях.

Основні матеріали досліджень. Для визначення цих пошкоджень використовуються різноманітні методи, які можна поділити на: дистанційні й топографічні. До дистанційних належать: імпульсний, хвильовий, коливального розряду, ємнісний, петльовий. До топографічних належать: індукційний, акустичний та потенціальний методи. Існує також велика кількість технічних засобів, принцип роботи яких ґрунтується на цих методах. Технічні засоби для відшукування місць пошкодження силових КЛ значно відрізняються між собою технічними характеристиками й рівнем техніки виготовлення й, частково, експлуатаційними особливостями. У якості переносних пристроїв по виявленню місць пошкоджень використовуються багато вітчизняного обладнання й значний кількість продукції іноземних фірм.

Недоліками вітчизняного обладнання є перенасичення й ускладнення функціями, рідко застосовуваними на практиці. Установки закордонних фірм мають набагато більшу вартість і так само перенасичені великою кількістю часто не використовуваними й ускладнюючими роботу функціями.

Висновок. Провівши аналіз методів та технічних засобів визначення місць пошкоджень кабельних ліній можна зробити висновок, що в умовах розвитку розподільних мереж, випробування носять масовий характер, тому завдання зниження витрат на проведення випробувань має велике значення. Зменшення витрат на проведення профілактичних випробувань кабельної ізоляції може бути досягнуте зниженням маси й розмірів випробувальних апаратів, що скорочує транспортні витрати й поліпшує умови праці. Тому завдання розробки сучасних переносних випробувальних апаратів і методики їх розрахунків є актуальним і важливим.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Sringfield T. Fault location methods for overhead lines / Sringfield T., Marihart D, Stevens R. // Power Apparatus and System . – 2004. – v. 31.

ЦИФРОВА ПІДСТАНЦЯ ЯК СКЛАДОВИЙ ЕЛЕМЕНТ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖМогильов В. О., магістр, e-mail: [mogylov@ukr.net](mailto:mogylov@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Савченко О. А.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Проектування і побудова інтелектуальних електричних мереж, – Smart Grid, базуються на використанні цифрових підстанцій, на яких впроваджуються цифрові технології на рівні вимірювання, збору і обробки інформації про режими роботи підстанції і мережі. Аналіз літератури показує, що існує досить численна кількість технологій цифрових підстанцій.

Мета досліджень. Метою досліджень є аналіз найбільш ефективних технологій цифрових підстанцій та міжнародної нормативної бази з їх проектування.

Основні матеріали досліджень. Діючі сьогодні енергосистеми побудовано за схемою «централізованого енергопостачання», яка потребує використання більш високої напруги і створення великомасштабних електромереж. У мережах такого типу локальні збої можуть впливати на всю енергосистему і часто призводити до великих аварій.

Нові умови і каталізatori розвитку галузі формують потребу в розробленні та впровадженні нових технологій і елементів, які забезпечують: рух потоків електроенергії та інформації від енергетичних компаній до споживачів і назад; постійний контроль за всіма елементами мережі від роботи електростанцій до споживання електроенергії індивідуальними пристроями; інтеграцію розподілених джерел електроенергії (у тому числі поновлюваних) і засобів зберігання електроенергії; рекуперацію тепла тощо.

Основні фактори, які визначають необхідність кардинальних перетворень в електроенергетиці під впливом складних умов, можна згрупувати таким чином.

Фактори технологічного прогресу: поява і розвиток нових технологій, пристроїв і матеріалів (у тому числі в інших галузях), потенційно застосовуваних у сфері електроенергетичного виробництва, і в першу чергу – наростаючі темпи і масштаби розвитку комп'ютерних та інформаційних технологій; інтенсивне зростання кількості малих генеруючих (у першу чергу поновлюваних) джерел енергії у світі; загальна тенденція до підвищення рівня автоматизації процесів. До передових технологій цифрових підстанцій відносяться: використання оптичних вимірювальних трансформаторів (струму, напруги, комбінованих); оснащення силового обладнання набором цифрових датчиків, що надають інформацію про технічний стан, положення комутаційного обладнання, струми та напруги; використання на всіх рівнях інтерфейсів передачі цифрових даних. В сучасних енергосистемах основним елементом управління мережевої енергетики є підстанція, на яку в системі стандартів Smart Grid є окремий стандарт ІЕС 61850. Стандартизація забезпечує такі переваги як зниження фінансових витрат, оптимізація процесів, управління ризиками.

Висновки. При проектуванні і експлуатації систем зв'язку в енергетичних системах необхідно використовувати вимірювальні оптичні трансформатори, а в роботі електрообладнання впровадити загальну інформаційну модель. Ця модель повинна виконуватись із застосуванням стандартизованої методології, що дозволяє використовувати її для різних електроенергетичних об'єктів. Впровадження інтелектуальних електричних мереж, в тому числі цифрових підстанцій, дозволяє використовувати переваги новітніх інформаційних технологій.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ УТВОРЕННЯ ОЖЕЛЕДІ НА ПЛ

Мосур О. О., магістр, e-mail: [mosur@ukr.net](mailto:mosur@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Савченко О. А.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз статистичних даних показує, що середній період повторюваності масових ожеледно-вітрових аварій в електричних мережах України складає 10 років. Без електричної енергії залишається велика кількість споживачів. Найбільш доцільним шляхом підвищення надійності електричних мереж в умовах дії інтенсивної ожеледі є створення систем її плавлення. Ефективне плавлення відкладень неможливе без використання автоматизованих систем моніторингу утворення ожеледі з певним набором функціональних можливостей.

Мета досліджень. Підвищення ефективності плавлення ожеледі на ПЛ за рахунок розширення функціональних можливостей автоматизованих систем моніторингу утворення відкладень.

Основні матеріали досліджень. Головним недоліком існуючих алгоритмів прогнозування ожеледоутворення є низька достовірність, так у заданому діапазоні метеопараметрів можуть утворюватися відкладення, безпечні для ПЛ, наприклад, голкоподібна паморозь. Загальними недоліками всіх систем моніторингу ожеледного навантаження з вимірювальними перетворювачами маси проводу, тяжіння є їх низька чутливість на ранніх стадіях ожеледоутворення, труднощі при регулюванні уставок спрацювання через навантаження, що діє на силовимірювач. Крім того, необхідність компенсації вітрових навантажень і тяжіння проводу, що залежать від температури проводу, ускладнює будову цих пристроїв.

Таким чином, інформаційні системи моніторингу ожеледоутворення мають ряд вагомих недоліків: недосконалі алгоритми прогнозування ожеледоутворення, використання первинних вимірювальних перетворювачів з параметрами, відмінними від параметрів контрольованого проводу, неповну укомплектованість локальними інформаційними системами. Особливої уваги потребує реалізація функції системи контролю утворення ожеледі, яка полягає у прогнозуванні параметрів процесу утворення ожеледі на ПЛ. Головним параметром, який підлягає прогнозуванню, є вага проводу, вкритого ожеледдю. Для вирішення задач прогнозування добре зарекомендували себе методи, що відносяться до обчислювального інтелекту та базуються на основі штучних нейронних мереж. Автоматизована система контролю процесу утворення ожеледі повинна бути складовою частиною більш функціональної автоматизованої системи моніторингу (АСМ) ПЛ, яка дозволить контролювати механічні й електричні параметри лінії в умовах мінливого зовнішнього середовища.

Висновки. АСМ ПЛ в ожеледних районах повинна мати такі специфічні функціональні можливості: короткостроковий і довгостроковий прогнози виникнення ожеледно-паморозевих відкладень на ПЛ, раннє виявлення утворення ожеледі, сигналізація, збір і первинна обробка поточних даних, розрахунок прогнозних параметрів режиму плавлення ожеледі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дьяков А. Ф. Предотвращение и ликвидация гололедных аварий в электрических сетях энергосистем / А. Ф. Дьяков, А.С. Засыпкин, И. И. Левченко – Пятигорск: Изд-во РП Южэнерготехнадзор, 2000 – 187 с.
2. Рудакова Р. М. Борьба с гололедом в электросетевых предприятиях: Пособие по организации борьбы с гололедом / Р. М. Рудакова, И. В. Вавилова, И. Е. Голубков . - Уфа: ОАО Башкирэнерго, Уфимск. Гос. Техн. Ун-т, 1995.



Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій. Якщо в мережі з глухозаземленою нейтраллю відбувається однофазне замикання на землю, то це призводить до великих струмів, які можуть викликати відключення лінії та перебоїв в електропостачанні. У мережах з ізольованою або з заземленою через дугогасні реактори нейтраллю струми на землю менші, тому після такого пошкодження мережа може продовжувати працювати певний час, поки не буде усунена несправність. Статистика показує, що близько 60-70% всіх несправностей є наслідком однофазних замикань на землю. У кабельних мережах при їх значній довжині зростає розподілена ємність, а отже і ємнісний струм. Для зменшення струму замикання на землю у таких мережах доцільно використовувати заземлення нейтралі через дугогасний реактор. Але в цьому випадку, якщо є реактор, складніше реалізувати визначення пошкодженої лінії.

Все обладнання та алгоритми визначення пошкодженої лінії залежно від способу введення сигналу, можна умовно розділити на дві категорії – активні і пасивні. Існує багато методів визначення лінії, зокрема метод визначення лінії на основі реактивної складової струму, метод, що використовує вейвлет-перетворення для визначення пошкодженої лінії з перехідних сигналів лінії без пошкодження та з пошкодженням. Також є метод, що використовує вейвлет-перетворення для вибору лінії за енергетичним аналізом. Проте, зокрема, через невеликий час замикання, використання даного методу може бути складним і впливати на його точність та реалізацію.

Метою досліджень є аналіз методів визначення пошкодженої лінії та дослідження методу введення сигналу в лінію для визначення лінії з коротким замиканням в мережах з ізольованою та компенсованою нейтраллю.

Основні матеріали досліджень. Метод введення сигналу належить до методів активного визначення пошкоджень. Даний метод реалізується шляхом пропускання та контролю проходження певного сигналу по лінії. Цей сигнал може вводитися, наприклад, з обмотки розімкненого трикутника трансформатора напруги, як запропоновано у [1]. До недоліку такого введення можна віднести зниження точності внаслідок реактивного опору. Введення в лінію сигналу постійного струму для визначення розміру постійної складової кожної лінії, [2] з метою визначення пошкодженої лінії також мало ефективно внаслідок вразливості введеного постійного сигналу до перешкод. Також існує метод введення змінного синусоїдного сигналу. Але даний метод має певні обмеження по частоті сигналу.

Висновок. Враховуючи недоліки описаних методів, виявляється, що найбільш ефективним способом визначення пошкодженої лінії є введення змінного струму. В нормальних умовах здійснюється моніторинг стану ліній, а при виникненні пошкодження в залежності від параметрів мережі вибирається частота введеного сигналу, здійснюється вимірювання його значення, та застосовується швидке перетворення Фур'є для обробки даних.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. S. Zi-zheng and Q. Li-jun, "Study on automatic arc suppression coil compensation technology and fault line selection and location based on fixed-frequency signal injection method," in Proc. 2nd Int. Conf. Artif. Intell., Manage. Sci. Electron. Commerce (AIMSEC), Dengleng, Aug. 2011, pp. 4354-4357.
2. Z. Gao, H. Zhang, and X. Sun, "Fault line selection and location method for small current grounding with half wave DC injection," Power Syst. Protection Control, vol. 41, no. 13, pp. 139-145, Jun. 2013.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОПУСТИМИХ РІВНІВ НАПРУГИ ТА ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ  
ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХНемикін М. В., магістр, e-mail: [nemykin@ukr.net](mailto:nemykin@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Електрична енергія, що поставляється енергопостачальними організаціями споживачам по договорах, виступає як товар особливого виду, що характеризується збігом у часі процесів виробництва, транспортування та споживання, а також неможливістю його зберігання та повернення. Відповідно, як до товару будь-якого виду, до електроенергії застосовне поняття «якість». Відхилення показників якості електроенергії, які регламентуються ГОСТ 13109-97, від нормованих значень погіршують умови експлуатації електроустаткування енергопостачальних організацій і споживачів електроенергії та можуть привести до значних збитків як у виробничому, так і у побутовому секторі. Для електроенергії характерно, що відхилення її показників якості від встановлених стандартів, як у бік підвищення, так і зниження погіршують умови експлуатації споживчих установок. Тому чим менше відхиляються фактичні показники якості енергії від стандартних значень, тим вище її якість. Контроль дотримання вимог стандарту є нагальною проблемою оскільки зниження якості електроенергії призводить до економічних збитків підприємств. Від електричних мереж систем електропостачання загального призначення живляться електроприймачі різного призначення - промислові та побутові електроприймачі. Тому підтримання допустимих рівнів напруги в сільських електромережах є досить гострою нагальною проблемою [1, 2].

Відхилення напруги від номінальних значень відбуваються через добові, сезонні та технологічні зміни електричного навантаження споживачів, зміни потужності пристроїв, що компенсують, регулювання напруги генераторами електростанцій і на підстанціях енергосистем, зміни схеми та параметрів електричних мереж. Таким чином, досить важливим є зменшення економічних збитків від негативного впливу відхилень напруги від нормованих показників якості електроенергії на роботу електротехнічного обладнання та підтримання рівнів напруги в допустимих межах з використанням технічних засобів [3].

Стандартом нормуються відхилення напруги на виводах приймачів електричної енергії. Нормально припустимі та гранично припустимі значення сталого відхилення напруги рівні відповідно  $\pm 5$  та  $\pm 10$  % від номінального значення напруги та у точках загального приєднання споживачів електричної енергії повинні бути встановлені в договорах енергопостачання для годин мінімуму та максимуму навантажень в енергосистемі з урахуванням необхідності виконання норм стандарту на виводах приймачів електричної енергії відповідно до нормативних документів.

Висновки. Відхилення показників якості електроенергії, які регламентуються ГОСТ 13109-97, від нормованих значень погіршують умови експлуатації електроустаткування енергопостачальних організацій і споживачів електроенергії та можуть привести до значних збитків як у промисловості, так та у побутовому секторі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Вид-во «Форт», 2009. – 708 с.
2. Черемісін М. М. Методика пошуку оптимальних заходів по зниженню втрат електричної енергії в розподільчих мережах на базі імітаційної моделі та Парето-метода / М. М. Черемісін, С. О. Тимчук, О. О. Мірошник // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» – Харків: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 47, Том 2. – С. 11–16.
3. Черемісін М. М. Економічні розрахунки в інженерній діяльності / М. М. Черемісін, В. І. Романченко. – Х.: Факт, 2006. – 168 с.

Як відомо, існує дві основні групи спотворень якості електричної енергії: стаціонарні і спотворення, що змінюються у часі [1]. Гармоніки та інтергармоніки, коливання напруги і небаланс напруг відносяться до першої групи, а перехідні процеси напруги, зниження/перевищення напруги, переривання напруги та інші високочастотні спотворення складають другу групу.

Одним з найбільш поширених методів обробки інформаційних сигналів використовується для визначення показників якості електричної енергії  $\epsilon$ , так званий, метод середньоквадратичних значень на основі апроксимації кривої вхідного сигналу спеціальною функцією, яка забезпечує задовільну апроксимацію амплітуди основної частоти електричної мережі. Перевагою даного методу є його простота, швидкість обчислень, незначний об'єм пам'яті для зберігання результатів обчислень. Але його результати дуже залежать від розміру обчислювального вікна і при цьому не розрізняються гармоніки та компоненти шуму. Для визначення показників якості електричної енергії використовують метод фільтрів Калмана, які визначають просторовий стан моделі сигналу для визначення амплітуди і фази основної частоти і гармонік навіть за наявності шуму [2].

Найбільш широко використовуваним апаратом для аналізу параметрів якості електричної енергії є швидке перетворення Фур'є (ШПФ), яке трансформує сигнал із часового простору у частотний його декомпозицією на декілька частотних компонент [2]. Але алгоритм Фур'є має декілька джерел методичних похибок, які призводять до зниження точності результатів аналізу та його якісного спотворення. Задля виключення з розрахунків ефекту розсіювання проводиться синхронізація частоти сигналу з частотою дискретизації, доповнення нулями вихідної вибірки аналізованого сигналу та використовуються часові чи спектральні вікна.

Вказані способи не дають збільшення частотної роздільності. Використання часових чи спектральних вікон дає можливість зменшити ефект розсіювання через погіршення частотної роздільності, а у разі доповнення вихідної вибірки нулями зростає вибірність оцінювання частот вузькосмугових спектральних піків через зменшення нерівномірності амплітудно-частотної характеристики і похибок, що пов'язані з її нерівномірністю.

Здебільшого, розглянуті засоби ідентифікації спотворень, використовуються для простих спотворень. Відносно електроенергетичних систем слід зазначити їх особливість – це присутність в одному інтервалі часу кількох видів спотворень сигналу.

Моніторинг виявлення наявності спотворень у реальному часі на даний час неможливий, так як їх визначення потребує часу для збору даних та їх статистичної обробки, а також кожен тип спотворення потребує для ідентифікації окремого алгоритму та математичного апарату. Через це доречним з науково-практичної точки зору є розробка способу визначення наявності спотворення (не залежно від його класу) в реальному часі, які дозволять: визначати та ідентифікувати наявності спотворення напруги і струму; забезпечити визначення окремих типів спотворення, які одночасно наявні у електричній мережі.

#### 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. Ванько В., Столярчук П. Г. Проблеми контролю якості електроенергії в електричних мережах. Міжвідомчий науково-технічний збірник „Вимірювальна техніка та метрологія”. Львів: НУ „Львівська політехніка”, 2001. – №58. – С. 47-56.

АНАЛІЗ ПОХИБОК ТЕПЛОВІЗІЙНОГО КОНТРОЛЮ  
ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯНікольченко В. О., магістр, e-mail: [nick10102000@gmail.com](mailto:nick10102000@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Трунова І. М.

Державний біотехнологічний університет

Під час тепловізійного контролю (ТК) технічного стану електрообладнання існують певні недоліки, насамперед, ті, що пов'язані з похибками, які мають вплив на результати вимірювання. Згідно [1], при здійсненні ТК існує два види похибок, що впливають на результати контролю - інструментальні та випадкові похибки. Перші (їх ще називають систематичними похибками) залежать від конструкції вимірювального пристрою та його технічних характеристик. Тобто, це ті похибки, що приймаються як незбірні під час вибору та експлуатації вимірювального пристрою відповідно до вимог стандарту [1] до досконалості вимірювання – щодо роздільної здатності, полю зору тощо. Також в Україні з 01.01.2019 року чинний стандарт [2] (англійською мовою), який ідентичний європейському, де також йдеться про основні характеристики та компоненти приладів ТК. Ця інформація має допомогти користувачеві у виборі відповідних приладів для конкретного вимірювального завдання.

Аналіз вітчизняної та закордонної практики використання приладів ТК контролю показав, що також суттєве значення має виявлення і своєчасне усунення факторів, що викликають випадкові похибки, до яких відносяться сонячна радіація, швидкість вітру, відстань до об'єкту, теплове віддзеркалювання тощо. На рисунку 1 приведений приклад впливу сонячної радіації на результат ТК. Тому бажано для виключення впливу сонячної радіації проводити зйомку в нічний час доби або за хмарної погоди з використанням сонячних фільтрів.

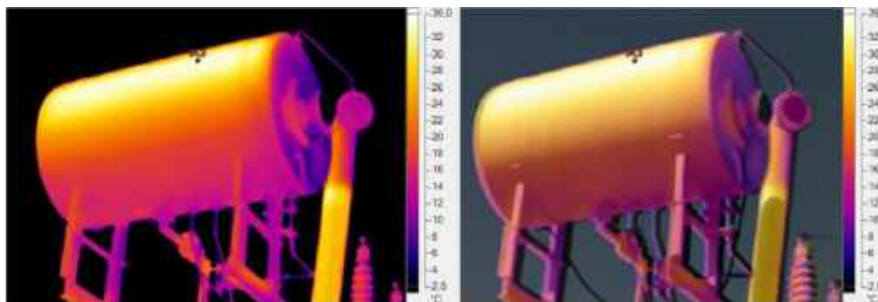


Рисунок 1 - Термограма бака розширювача трансформатора (нагрів у верхній частині його викликаний сонцем) [3]

Таким чином, можна зробити висновок, що мінімізація систематичних та виявлення і своєчасне усунення факторів, що викликають випадкові похибки вимірювань під час ТК технічного стану електрообладнання, значною мірою залежить від кваліфікації персоналу. Тобто існує певний суб'єктивний фактор точності ТК технічного стану електрообладнання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Технічне діагностування електрообладнання та контактних з'єднань електроустановок і повітряних ліній електропередачі засобами інфрачервоної техніки. Методичні вказівки: СОУ-Н ЕЕ 20.577:2007. – Офіц. вид. – К: ДП «НЕК Укренерго», 2007 – 124 с.
2. Неруйнівний контроль. Інфрачервоний термографічний контроль. Частина 1. Характеристики системи та обладнання: ДСТУ ISO 18251-1:2018 (ISO 18251-1:2017, IDT). – Офіц. вид. – К: ДП «УкрНДНЦ», 2018 – 1 с.
3. Тепловізійний контроль електрообладнання: полное руководство/Связь-комплект. URL: <https://skomplekt.com/teplovizionnyj-kontrol-ehlektrooborudovaniya/> (дата звернення 7.03.2023).

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕКЛОУЗЕРА РВА/TEL-10

Олефір К. О., магістр, e-mail: [olefir@ukr.net](mailto:olefir@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Вимоги підвищення надійності електропостачання сільських споживачів можуть бути виконані лише за умови широкого впровадження автоматизації керування в розподільних мережах, оскільки існуюча система ручного вимикання пошкоджених ділянок мереж за допомогою роз'єднувачів не може забезпечити скорочення перерв в електропостачанні. Останніми ефективними розробками в цьому напрямі є реклоузери РВА/ТЕЛ-10-12.5/630 для резервування електромереж 6-10 кВ [1].

Відносно забезпечення надійності електропостачання електроприймачі відповідно до Правил улаштування електроустановок і Правил користування електричною й тепловою енергією розділяються на три категорії. Надійність систем електропостачання, як і інших технічних систем, характеризується частотою й тривалістю перерв електропостачання в розрахункових точках мережі, які залежать від надійності елементів схеми, обсягів резервування прийнятою системою технічного обслуговування й ремонтів.

Підвищення надійності електропостачання сільських споживачів можуть бути виконані лише за умови широкого впровадження автоматизації керування в розподільних мережах, оскільки існуюча система ручного вимикання пошкоджених ділянок мереж за допомогою роз'єднувачів не може забезпечити скорочення перерв в електропостачанні. Останніми ефективними розробками в цьому напрямі є реклоузери РВА/ТЕЛ-10-12.5/630 для резервування електромереж 6-10 кВ [2].

Мале енергоспоживання й здатність реалізації циклу «швидкого» АПВ стало однією з основних причин, що обумовили застосування вакуумних вимикачів як основного елемента сучасних засобів автоматизації розподільних мереж. За кордоном цей клас комутаційних апаратів одержав назву реклоузерів (від англійського «reclosure» – повторне включення). Для повітряних ліній режим АПВ є одним з основних режимів, що суттєво підвищують надійність електропостачання споживача, що дозволяє забезпечити секціонування ПЛ і при необхідності реалізувати мережне резервування. Здатність реалізації циклу АПВ ПЛ при відсутності оперативних джерел (або обмежень по потужності оперативних кіл), була й залишається серйозною перешкодою для більшості комутаційних апаратів. Широке застосування вакуумних вимикачів, що вимагають для оперування на порядок менших енергій, дозволило по іншому розв'язати проблему підвищення надійності електропостачання споживачів [3].

Висновки. Застосування реклоузерів дозволяє автоматизувати процес резервування електромереж, реклоузери не потребують обслуговування і ремонтів протягом тривалого часу. Найвища ефективність системи електропостачання з використанням мережних пунктів автоматичного резервування досягається в лініях із двостороннім живленням, що працюють в умовно-замкненому режимі. В ПЛ з одностороннім живленням доцільно використовувати місцеве резервування на базі дизель-генераторних установок. Мережний АВР ефективний в ПЛ з двостороннім живленням і відрізняється від місцевого тим, що операції з перемикачів відбуваються в різних точках мережі, а взаємодія розміщених у мережі пристроїв секціонування і резервування визначається поставленим перед автоматикою завданням..

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Вид-во «Форт», 2009. – 708 с.
2. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Чин. з 20.02.98. – К.: Основа, 1998. – 380 с.
3. IEC 61643-1. Surge Protection Devices in Low-voltage Systems.



Створення оптового ринку електричної енергії, що складається з незалежних акціонерних компаній (державні електричні компанії та державні акціонерні електричні компанії), незалежного регулюючого органу (Національна комісія з питань регулювання електроенергетики України), і, власне, енергоринку - державного підприємства, що здійснює керівництво оптовим ринком електричної енергії, загострює увагу на точності обліку електричної енергії, необхідному для діяльності оптового ринку електричної енергії [1, 2].

Наразі актуальним залишається задача аналізу ефективності методів визначення технічних втрат в діючих мережах та визначення технічних втрат за показами послідовно встановлених лічильників в діючих мережах 110-(35)-10 кВ.

Поділу споживачів за класами напруги відповідає такий порядок поділу складових нормативних значень технологічних витрат електроенергії на передачу електроенергії електричними мережами за класами напруги, що визначені за розрахунковий період на основі затверджених нормативних характеристик технологічних витрат електроенергії та структури балансу електроенергії. При передачі електричної енергії в кожному елементі електричної мережі виникають втрати. Для вивчення складових втрат у різних елементах мережі та оцінки необхідності проведення того чи іншого заходу, спрямованого на зниження втрат, виконується аналіз структури втрат електроенергії [3].

Оскільки вартість електричної енергії залежить від затрат на її виробництво і передачу, часу попиту і споживання (пори року, днів тижня, години доби), величини потужності, то і собівартість є різною для кожної години. Перехід до використання тарифів реального часу дозволяє вийти на визначення дійсної ціни на електричну енергію й оптимізувати виробництво, постачання і споживання електричної енергії. Це можливо лише при удосконаленні існуючої системи обліку. Ефективність застосування змінних тарифів, узгоджених з реальним часом, значною мірою залежить від дотримання певних умов, найважливіші серед яких наступні: функціонування автоматизованої системи управління і комерційного обліку контролю виробництва, постачання і споживання електричної енергії, що функціонує в реальному масштабі часу; чіткі взаєморозрахунки між учасниками енергоринку з використанням автоматизованих систем.

Енергетична галузь в умовах автоматизації функціонування енергоринку висуває підвищені вимоги до системи обліку, а саме, до рівня точності, надійності та цілісності. Точність і достовірність системи обліку, в першу чергу, визначається засобами інформаційно-виміральної техніки.

Висновки. Проведений аналіз науково-технічної літератури показав, що подальший розвиток дослідження особливостей визначення технічних втрат, спрямований на підвищення точності, полягає в підвищенні інформаційного рівня впливу, в першу чергу, на основі розширення функцій АСКОВЕ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Романюк Ю. Ф. Практичний алгоритм розрахунку та аналіз технічних втрат електроенергії в розподільчих електричних мережах 6-10 кВ / Ю.Ф. Романюк, О. В. Солончак // Енергетика і електрифікація. – 2012. № 8. – С. 26- 30.
2. Мірошник О. О. Структура втрат електричної енергії та методика їх розрахунку / О. О. Мірошник // Вісник ХДТУСГ ім. П. Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України» - Харків: ХДТУСГ, 2004. - Вип. 27, Т. I. с. 25-31.
3. Черемісін М. М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням / М. М. Черемісін, В. М. Зубко – Харків: Факт, 2005. – 192 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ЛОКАЦІЙНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ  
ПОШКОДЖЕННЯ В МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 6-35кВПрудніков Д. К., магістр, e-mail: [prudnikov@gmail.com](mailto:prudnikov@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Серета А. І.

Державний біотехнологічний університет

Запропоновано застосування локаційного методу для визначення місць пошкоджень в мережах напругою 6-35 кВ. Дано оцінку ефективності застосування локаційного методу при порівнянні його існуючими методами пошуку місць пошкоджень в мережах напругою 6-35 кВ зі складною топологією. Обладнання шин підстанції 6-35 кВ засобами захисту від пошкоджень та локаційного зондування дозволяє отримати декілька ефектів: підвищення рівня надійності експлуатації розподільної мережі через зменшення часу пошуку пошкодження та не відпуску електроенергії; підвищення рівня безпеки експлуатації завдяки зменшенню часу існування поля розтікання струму в місці падіння про вода, та перенапруги; підвищення дійсності функціонування споживачів завдяки зменшенню часу існування струму зворотної послідовності при обриві про вода фази. Обґрунтування доцільності застосування локаційного методу з метою визначення місце пошкодження в мережах напругою 6-35 кВ. Пріоритет того, чи іншого ефекту залежить від вибраного базового варіанта з яким порівнюють запропонований метод. 35 кВ пошкодження в мережах напругою 6-35 кВ. Пріоритет того, чи іншого ефекту залежить від вибраного базового варіанта з яким порівнюють запропонований локаційний метод. Для визначення базових варіантів приймемо, що розподільна мережа оснащена чутливим пристроєм контролю ізоляції мережі відносно землі. До них належать; «Волна», «Зонд». Якщо рівень сигналу вищих гармонік в струмі нульової послідовності чітко фіксується в мережі, то після спрацювання сигналізації і передачі сигналу на диспетчерський пункт, диспетчер направляє ОВБ на підстанцію, де виникло ОЗЗ, ОВБ після приїзду на підстанцію за допомогою пристрою пошуку пошкодження визначає пошкоджену лінію і поступово переміщується вздовж лінії, вимірюючи рівень сигналу в місці розгалуження.

Процес визначення місця пошкодження локаційним методом передбачає приєднання приладу до лінії, налагодження пристрою зондування, обробку рефлекторами. Як показує досвід експлуатації, в середньому досвідчений оператор витрачає на визначення відстані до місця пошкодження  $t_{пл.-лм}=(10-30)хв$ . Розрахунки виконані для 10 підстанцій, від яких відходило 73 лінії, показали, що у випадку застосування ЛМ, коефіцієнт ефективності знаходиться в межах  $0,297 < k < 14,5$ , середнє арифметичне значення  $k=1,98$  разів, якщо рівень сигналу вищих гармонік в струмі нульової послідовності не достатній, то пошук пошкодження здійснюється методом послідовного поділу мережі і вимірювання рівня опору ізоляції відносно землі за допомогою пристрою контролю ізоляції, розташованого на шинах підстанції. Впровадження ЛМ, крім соціального ефекту підвищення рівня безпеки експлуатації РМ, дозволяє, в середньому знизити час пошуку місця пошкодження в 2 рази; підвищити коефіцієнт готовності в середньому на 0,6%, знизити коефіцієнт простою в середньому на 40%, підвищити коефіцієнт технічного використання і коефіцієнт оперативної готовності в середньому на 0,7%.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Повышение надёжности электрических сетей /Энергоатомиздат: 1989. – 208 с.

## ОБ'ЄКТИВНА НЕОБХІДНІСТЬ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ В УКРАЇНІ У ПОВОЄННИЙ ЧАС

Радько І. В., студент, e-mail: [radkoivan2004@gmail.com](mailto:radkoivan2004@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Окушко О. В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Тривалий час ми були переконані, що природні ресурси нашої країни є невичерпними. При цьому, головним традиційно вважалася не ефективність виробництва, а обсяги продукції, що випускається і справедливий розподіл благ.

Нехтування економічною доцільністю було однією з головних причин марнотратства у використанні енергоресурсів.

У часи економічної кризи та значного подорожчання енергоносіїв марнотратне енергоспоживання є завеликою розкішшю. Стає очевидним, що для подолання кризи в енергетичному секторі, для здобуття енергонезалежності країни необхідно виховувати сучасну енергоощадну культуру в усіх сферах життя. Ефективне використання енергоресурсів неможливе без дотримання певних стратегічних засад розвитку енергогосподарства в повоєнний час.

Основними факторами низької енергоефективності міського житлово-комунального теплопостачання, особливо невеликих міст, була в недалекому минулому дешевизна енергоресурсів та води, недостатня увага до стимулювання питань енергоефективності, а також низька кваліфікація обслуговуючого персоналу. Донедавна проблеми питань енергозбереження енергоресурсів та води по суті не вирішувалися взагалі, хоча на фінансування енергозбереження виділялися кошти з бюджету.

Питання енергозбереження та енергоефективності енергетичних ресурсів з кожним роком стає все більш актуальним і має стати протягом наступних декількох років невід'ємною складовою розвитку промисловості в Україні.

Серед причин, які можна виділити - це дефіцит та постійне зменшення природних ресурсів; висока енергоємність української економіки; поступове збільшення споживання та щорічне зростання цін на енергоресурси тощо. Незважаючи на цей незаперечний факт, обсяг впровадження енергоефективних заходів в промислових галузях України залишається недостатнім, а рівень споживання енергоресурсів перевищує відповідні показники розвинених країн. Враховуючи таку ситуацію, необхідно вести пошуки різних шляхів зменшення споживання енергетичних ресурсів з метою підвищення енергоефективності при їх використанні.

Для вирішення цієї задачі необхідно вирішити ряд основних організаційно-технічних заходів, які сприятимуть підвищенню енергоефективності енергозбереження.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лут М.Т., Радько І. П., Волошин С. М., Окушко О. В. Сучасні проблеми енергозбереження. «ЦП «КОМПРИНТ». К. – 2020. – 36,2 у.д.а.
2. Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В. Енергозбереження як метод підвищення енергоефективності споживання енергоресурсів. Міжнародний електронний науково-практичний журнал «WayScience». 17.08.2020. Дніпро. стр. 381-382.
3. Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В. Енергоефективність – один з головних чинників конкурентоспроможності університету. Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Д.Моторного. Матеріали 3ї Всеукраїнської НПК пам'яті В.В.Овчарова. 2021

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТА ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ  
ЕНЕРГІЇ В СІЛЬСЬКИХ МЕРЕЖАХ 0,38-10 кВ

Савчін О. М., магістр, e-mail: [savchyn@ukr.net](mailto:savchyn@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Савченко О. А.  
Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Підвищення економічності електропостачання сільського господарства України є великою комплексною задачею. Досить велике значення для вирішення даної задачі мають заходи щодо зменшення втрат електричної енергії в сільських електричних мережах напругою 0,38-10 кВ. Аналіз літературних джерел показує, що такі заходи як збільшення перерізу проводів ліній електропередавання, заміна недовантажених силових трансформаторів на споживчих підстанціях хоча й дають суттєве зниження втрат електричної енергії, проте потребують значних капітальних вкладень і тому не завжди можуть бути реалізовані в сучасних умовах обмеженості грошових коштів. У зв'язку з цим, на перший план виходять малозатратні заходи, наприклад покращення якісних показників електричної енергії, які впливають на величину втрат.

Мета досліджень. Метою досліджень є зменшення величини втрат електричної енергії в сільських електричних мережах напругою 0,38-10 кВ за рахунок покращення показників її якості.

Основні матеріали досліджень. Характерною особливістю режимів сільських електричних мереж напругою 0,4 кВ є нерівномірність навантаження фаз та наявність вищих гармонік, що приводить до збільшення втрат потужності та енергії. Для зменшення втрат енергії запропоновано здійснювати періодичний контроль несиметрії та вирівнювання навантаження, а також використовувати пристрої фільтрування гармонічних складових.

Аналіз якості напруги показав, що понад 60 % електроенергії, споживаної сільськими електроприймачами, не відповідає вимогам стандарту. У жодній з обстежених точок електричної мережі 0,4 кВ напруга не відповідає нормованим значенням. Математичне очікування відхилень напруги перебуває в межах 16 %, а середньоквадратичне відхилення 1,8...6 %. Діапазон зміни напруги становить 15...28 % від номінального.

У виробництві й у побуті сільськогосподарських районів усе більш широке поширення одержують електроприймачі з нелінійними вольт- і вебер-амперними характеристиками: різні тиристорні перетворювачі, електрозварювальні установки, газорозрядні лампи, ферорезонансні стабілізатори та ін. Вони споживають із мережі несинусоїдальний, а іноді й неперіодичний, струм. У результаті виникають нелінійні спотворення кривої напруги, які несприятливо позначаються на роботі систем релейного захисту, автоматики, радіоелектронних апаратів і силового електроустаткування. З аналізу гармонійного складу випливає, що в спектрі вищих гармонік переважає 3-я гармоніка, помітні також 5, 7, 9 й 11-я гармоніки, парні гармоніки на порядок менші сусідніх непарних.

Висновки. В сучасних умовах для зменшення величини втрат електричної енергії в сільських мережах 0,38-10 кВ доцільно застосовувати заходи, які ґрунтуються на покращенні показників якості енергії. Такі заходи дозволяють досягти суттєвого зниження величини втрат енергії за рахунок незначних капітальних вкладень і тому мають високу економічну ефективність.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.
2. Жежеленко И. В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.

**ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ БЛИСКАВКОЗАХИСТУ**  
 Свідерський А. В., магістрант, e-mail: [oceanalex@gmail.com](mailto:oceanalex@gmail.com)  
 Науковий керівник: доцент Козак О. В.  
 Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Рівень захисту - класифікація системи блискавкозахисту, який виражає її ефективність. За статистикою, основним джерелом займання, від яких виникають пожежі, являються:

Вогневі ремонтні роботи - 31%.

Іскри електроустановок - 21%.

Прояв атмосферної електрики (блискавки) - 20%.

Розряди статичної електрики - 17%.

Інші причини - 11%.

Розряди блискавки низької інтенсивності з великим періодом можуть служити причиною займання. Погані контакти є особливо небезпечними точками на шляху протікання струму блискавки. Значення опору контактів, що становлять декілька тисяч Ом, вже генерує достатню кількість теплоти для плавлення металу і іскріння. Якщо займистий матеріал знаходиться поблизу таких поганих контактів, то може виникнути непряме займання. Таке займання особливо небезпечно в приміщеннях, схильних до ризику вибухів, і на заводах тих, що випускають вибухові речовини.

Тяжкість наслідків удару блискавки залежить передусім від вибухо - або пожежобезпеки будівлі або споруди при термічних діях блискавки. Наприклад, у виробництвах, постійно пов'язаних з відкритим вогнем, процесами горіння, застосуванням матеріалів, що не згорають, і конструкцій, протікання струму блискавки не представляє великої небезпеки. Навпаки, наявність усередині об'єкту вибухонебезпечного середовища створює загрозу руйнувань, людських жертв, великих матеріальних втрат.

При такій різноманітності технологічних умов, пред'являти однакові вимоги до блискавкозахисту усіх об'єктів означало б або вкладати в її виконання надмірні кошти, або миритися з неминучістю значних втрат, викликаних блискавкою. Тому прийнятий диференційований підхід до виконання блискавкозахисту різних об'єктів, при якому будівлі і споруди розділені на 3 рівні, що відрізняються по тяжкості можливих наслідків ураження блискавок.

Метою вибору рівня захисту є зниження нижче максимального допустимого рівня ризику ушкодження від прямого удару блискавки у будівлю або споруду.

Для спеціальних об'єктів мінімально допустимий рівень надійності захисту від ПУБ встановлюється в межах 0,9 - 0,999 залежно від міри його громадської значущості і важкості очікуваних наслідків від ПУБ за узгодженням з органами державного контролю.

Таблиця 1 - Рівні блискавкозахисту

Рівень блискавкозахисту	Надійність захисту від ПУБ
I	0,98
II	0,95
III	0,90
IV	0,80

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. – 5-ге видання, переробл. й доповн. – Х.: Видавництво «Форт», 2014. – 800 с.
2. ДСТУ Б В.2.5.-38:2008. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд.
3. Баракін О.Г. Блискавкозахист будівель та споруд. Експлуатація блискавкозахисних пристроїв / О.Г. Баракін, О.В. Квашніна, О.І. Кулініч, Р.А. Зіновський – Черкаси, 2010.



ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ МЕРЕЖ  
ПОСТІЙНОГО СТРУМУСліпенко А. Ю., магістр, e-mail: [slipenko@gmail.com](mailto:slipenko@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Серeda І. А.

Державний біотехнологічний університет

Визначення пошкодженої лінії в мережах оперативного постійного струму (ОПС) за допомогою накладання сигналу трьох різних частот від додаткового генератора. На основі вищезгаданого розроблено математичну модель пристроєм контролю активного опору полюсів мережі оперативного постійного струму (МОПС) відносно землі. Також досліджено характеристики приладу контролю опору полюсів мережі відносно землі на основі математичної моделі. Відповідальність таких споживачів висуває високі вимоги до надійності МОПС. Існує багато пристроїв контролю мереж постійного струму, однак специфіка об'єкта контролю вимагає збільшення ймовірності правильного визначення появи небезпечного зниження ізоляції та забезпечення селективного визначення місця пошкодження. Специфіка об'єкта контролю така, що пристрої контролю опору ізоляції повинні: бути прості і надійні в експлуатації, безперервно контролювати величину опору ізоляції, спрацьовувати на сигнал, без додаткових перемикачів в мережі визначати пошкоджений кабель, забезпечити швидке знаходження місця замикання при зниженні активного опору ізоляції полюса відносно землі до  $20 \pm 0$  кОм, не погіршувати параметрів мережі (симетрії напруг, полюсів відносно землі, величини опорів ізоляції, коефіцієнта пульсацій постійної напруги) використання мостових схем потребує доволі точного розрахунку струмів перехідного процесу для визначення небалансу у вимірювальній діагоналі схеми та налаштування реагуючого органа.

Оскільки такі прилади не можуть здійснювати селективний контроль мережі, то її розподілені параметри в таких моделях відображаються зосередженими. Важливим елементом схеми заміщення є опір реагуючого приладу. При розробці контролюючих приладів, які реагують на струми перезаряду ємностей мережі математична модель повинна відображати характер перехідних процесів в мережі не лише при виникненні небезпечного зниження опору одного з полюсів відносно землі, а й при різного роду комутаціях в мережі – ввімкненні вимкненні приєднань мережі, що викликає необхідність проведення додаткових розрахунків та внесення до хеми заміщення додаткових елементів, або ж аналізу декількох розрахункових схем для аналізу характеристик роботи приладу. Пропонується пристрій контролю, що використовує накладання тестових сигналів трьох різних частот на мережу. Накладання таких сигналів дозволить усунути вплив ємності мережі при вимірюванні її параметрів. При значній величині ємності контрольованої мережі і зниженнях активного опору відносно землі через опір від 40 кОм до 100 кОм правильна робота існуючого пристрою контролю загального мережевого опору не завжди забезпечується, тому для забезпечення достатньої точності результатів контролю параметрів слід використовувати метод трьох частот та доповнювати такий пристрій сенсорами стану окремих приєднань – оскільки ємність полюса одного кабелю набагато менша ємності всієї мережі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пристрій для сигналізації замикань на землю у двопровідних мережах постійного струму/ Бюл. зобр.- 1987.- №21. – С.257.

## ЕЛЕКТРОЄМНІСТЬ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Смілій І. В., магістр, e-mail: [igordavepor@gmail.com](mailto:igordavepor@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Трунова І. М.

Державний біотехнологічний університет

Під час енергетичного аудиту (ЕА) технологічних процесів АПК необхідно враховувати, що в них важливо дотримуватися зоотехнічних норм мікроклімату приміщень для забезпечення максимального виходу готової продукції. Відповідно, є актуальним аналіз енергоємності сільськогосподарської продукції під час ЕА, зокрема, електроємності, так як ці показники залежать як від споживання електроенергії, так і від виходу готової продукції.

На початковому етапі дослідження було проаналізовано стан питання в цілому. Використовуючи статистичні дані Держстату України, починаючи з 2007 по 2020 рік [1], які є у вільному доступі на час дослідження, були побудовані графіки зміни енерго- та електроємності України в цілому та сільського господарства країни. Для цього використовують, як рекомендує Міжнародне енергетичне агентство - International Energy Agency (IEA) [2], загальне постачання первинної енергії країни/сільського господарства - total primary energy supply (TPES), яке ділиться на валовий внутрішній продукт країн (ВВП)/частку ВВП, що приходить на сільське господарство. Також можливе використання загального кінцевого енерго/електроспоживання - total final consumption (TFC). На рисунку 1 показаний побудований відповідний графік з використанням TFC щодо споживання електроенергії (1,а) та графік зміни споживання електроенергії (рис.1,б). В дослідженні нехтували споживанням електроенергії та результатами діяльності лісового та рибного господарства, що поєднані зі статистичними даними щодо сільського господарства, внаслідок їх незначущості. Як бачимо, в період з 2007 по 2020 рік була тенденція до зниження електроємності сільського господарства, хоча споживання електроенергії зростало. Однак, як показав досвід воєнного часу, можливе зниження електроємності, може бути викликано збільшенням енергоємності за іншими ПЕР, наприклад, збільшення споживання нафтопродуктів при використанні генераторів внаслідок переривів в електропостачанні або неможливості централізованого електропостачання.

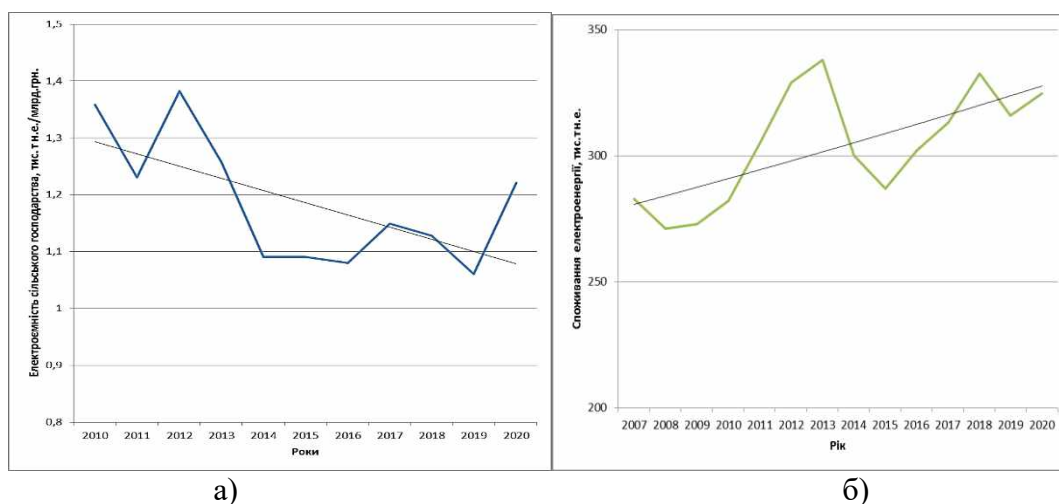


Рисунок 1 - Графіки зміни електроємності (рис.1,а) з 2010 по 2020 рік та зміни споживання електроенергії (рис.1,б) у сільському господарстві України з 2007 по 2020 рік

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт Держстату України. URL: <https://ukrstat.gov.ua> (дата звернення 3.03.2023).
2. Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics. - OECD/IEA, 2014. – p. 387.

Під час огляду повітряних ліній електропередачі (ПЛ) заповнюється Листок огляду, стандартна форма якого приведена у СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005 [1]. Електромонтер здає цей документ майстру, який переносить усі зафіксовані в Листку огляду дефекти до Журналу дефектів. Завдання експлуатаційної служби розподільних мереж своєчасне технічне обслуговування та ремонт обладнання, про що майстер робить відмітки в Журналі дефектів. Однак, усі дефекти, що були не усунуті станом на 31 грудня звітного року, є основою для якісної та кількісної оцінки технічного стану розподільних мереж, зокрема ПЛ. Ця оцінка потрібна для обґрунтування інвестиційних програм Операторів систем розподілу, для звітності перед Держенергонаглядом за формою 56-енерго та для внутрішнього аналізу технічного стану мереж та якості технічної експлуатації. Базуються відповідні розрахунки на переліку характерних дефектів, що приведений у [1], а там їх понад 300. Тобто, для використання комп'ютерних технологій, слід зробити так, щоб електромонтеру під час огляду було зручно точно заносити потрібне формулювання дефекту до Листка огляду, відповідно, і до Журналу дефектів. Тому була розроблена комп'ютерна програма в електронних таблицях Microsoft Excel, куди спочатку завантажені усі характерні дефекти і потім, користуючись цією програмою, електромонтер в цієї таблиці на смартфоні обирає потрібний код дефекту, що дозволяє автоматизувати заповнення Листка огляду та Журналу дефектів (див. рисунок 1).

7	Вид огляду	Номер спорок на якій виявлено дефект	Код дефекту	Найменування дефекту	Найменування роботи з усунення дефекту	Дата проведення (план)	Дата проведення (факт)
8	Періодичний	1	СЗТ	Загибання дерев'яної стійки (зменшення її діаметра)	Заміна стійки	Тд час ремонту	
9	Періодичний	4	T20*	Роботи в охоронній зоні (виконання на трасі в	Виконання заходів з	Негайно	
10	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
11	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
12	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
13	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
14	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
15	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
16	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
17	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
18	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
19	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
20	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	
21	Періодичний	0	0	#N/A	#N/A	#N/A	

Рисунок 1 - Скріншот екрану смартфона з Журналом дефектів ПЛ напругою 10 кВ

При цьому, використовуючи умовне форматування, передбачене автоматичне підкреслення червоним кольором осередку, де за дією комп'ютерної програми (використовується функція «ВПР») автоматично з'являється рекомендація [1] щодо негайного усунення дефекту. Ця комп'ютерна програма дозволить зробити точнішим облік та аналіз технічного стану ПЛ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38—20 кВ з повітряними лініями електропередачі: СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005. - К.: ГРІФРЕ. – 2005. - 67 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ РЕЖИМІВ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖТарасенко О. Ю., магістрант, e-mail: [alexandrtarasenko@gmail.com](mailto:alexandrtarasenko@gmail.com)Науковий керівник: ст. викладач Пазій В. Г.  
Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій. Для забезпечення надійної роботи енергетичної системи необхідно дотримуватись балансу потужності та енергії, що стає все більш актуальним зі зростанням використання поновлюваної енергії. Прогнозування кількості енергії, яку може генерувати сонячна електростанція та надходити в мережу є надзвичайно важливим, оскільки ці об'єкти не можуть гарантувати видачу електричної потужності в точно визначений час. У зв'язку зі зростанням використання сонячної енергії в загальному обсязі генерування електроенергії, були проведені дослідження коротко- та середньострокового прогнозування продуктивності сонячних електростанцій в деяких країнах протягом останніх кількох років.

Метою досліджень є проведення аналізу методів прогнозування режимів роботи електричних мереж з альтернативними джерелами енергії, а також дослідження можливості використання комп'ютерних програм для моделювання та прогнозування режимів електричних мереж.

Основні матеріали досліджень. Відповідно до вимог до прогнозів розрізняють тимчасові та просторові рамки (горизонти прогнозу), яким відповідають різноманітні підходи до прогнозування: прямі (прогноз власне вироблення станцій) та непрямі (прогнози приходу сонячної радіації з наступним перерахуванням у вироблення сонячної електростанції).

Останні десятиліття сформувався великий перелік методів прогнозування у межах зазначених підходів, зокрема використання чисельних прогнозів погоди, статистичні (регресійні) методи, персистентні моделі, гібридні методи. Також дедалі ширше при прогнозуванні використовуються ймовірнісні підходи, які, багато в чому більш адекватні вимогам електричних мереж. Також тривають роботи зі створення нових моделей прогнозування тимчасових рядів, накопичені великі масиви реальних даних про функціонування електроенергетичної системи. Зараз існує багато інформаційних систем, призначених для створення прогностичних моделей та аналізу даних. Це ставить перед експертом завдання вибрати найбільш підходящу інформаційну систему для вирішення конкретних задач з урахуванням специфічних умов роботи підприємства, таких як характер навантаження споживачів, кліматичні умови тощо.

У процесі аналізу було проаналізовано кілька програмних продуктів з точки зору простоти користування, функціоналу, кількості методів, що застосовуються тощо. В результаті було встановлено наступне. Платформа Tableau має інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс, добре реалізовану роботу з даними, однак, в інтерфейсі програми відсутня українська мова, а також немає вбудованих розширених засобів для прогнозування й моделювання. Проте цих недоліків немає у Rapidminer, де також є власне середовище розробки. В Excel дещо заплутаний процес імпорту даних із зовнішнього джерела, а також складно вирішувати завдання кластеризації, класифікації, асоціації. Платформа SPSS вимагає від аналітика спеціальних знань.

Висновок. Найбільш доцільними програмами для експерта в області побудови прогностичних моделей електроспоживання підприємства при розв'язку поставлених завдань будуть аналітичні системи Rapidminer і Tableau.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Wan C., Zhao J., Song Y., Xu Z., Lin J., Hu Z. Photovoltaic and solar power forecasting for smart grid energy management. CSEE J. Power Energy Syst., 2015; 1(4):38—46.

РОЗВИТОК КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА  
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇТеплицький М. О., студент групи 141-21бстн-2-07, e-mail: [mteplickyi122@gmail.com](mailto:mteplickyi122@gmail.com)

Науковий керівник: ст. викладач Попадченко С. А.

Державний біотехнологічний університет

В світі широко впроваджено поняття комбіновані (гібридні) системи електропостачання (КСЕ), виконані на базі відновлювальних (ВДЕ) та традиційних джерел електроенергії [1]. На рисунку 1 наведено структурну схему комбінованої системи електропостачання (КСЕ), виконану на базі ВДЕ та традиційних автономних джерел електроенергії (АДЕ). Контроль параметрів електроенергії, управління та захист КСЕ здійснює система управління, яка на рисунку 1 не показано.

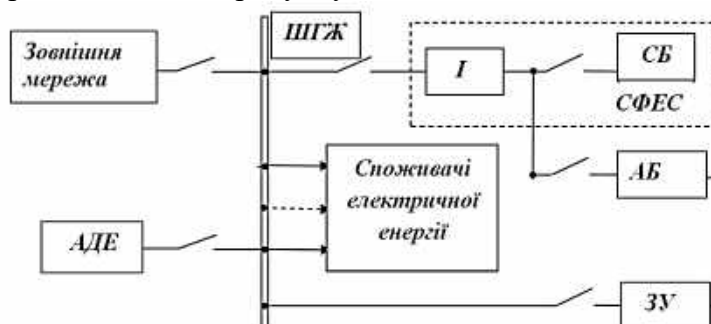


Рисунок 1 – Комбінована система електропостачання:

АДЕ – традиційні автономні джерела електроенергії; СФЕС – сонячна фотоелектрична станція; І – інвертор; СБ – сонячні батареї; АБ – акумуляторні батареї; ЗУ - зарядний пристрій; ШГП – шина гарантованого живлення

В основному режимі функціонування систем резервного електропостачання джерелом електроенергії для споживачів є зовнішня електрична мережа. Такі гібридні електростанції працюють синхронізовано із зовнішньою електричною мережею. В основному режимі функціонування споживачі отримують енергію від ВДЕ, а за недостатньої її кількості вона надходить від зовнішньої мережі, а за її надлишку – віддається в промислову мережу[2]. У цьому режимі АБ та традиційні АДЕ, як правило, не використовуються. Комбіновані електростанції дозволяють здійснювати електропостачання споживачів віддалених від зовнішньої електричної мережі та забезпечити безперебійне електропостачання відповідальних споживачів при частих відключеннях мережі, коливаннях та відхиленнях напруги; зменшити оплату за електричну енергію за наявності зовнішньої мережі; підвищити потужності мережі при її нестачі (якщо є обмеження до підключення мережі, наприклад, не більше 10 кВт, то додати нестачу електроенергії можна від ВСЕ). З розвитком електричної мережі можливо в схему комбінованої системи електропостачання ввести поступово і вітроелектричні станції, щоб капітальні вкладення на спорудження були збільшені поступово[3].

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Григораш О. В. Возобновляемые источники электроэнергии: состояние и перспективы/ О. В. Григораш, Ю. Г. Пугачев, Д. В. Военцов// Механизация и электрификация сельского хозяйства. – № 8.– 2007. – С. 24–25.
2. Попадченко С. А. Гібридні електричні мережі – необхідність та перспективи розвитку в Україні/ С. А. Попадченко// Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка Випуск 186 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України.».- Харків: ХНТУСГ, 2017. - С. 39.
3. Усков А. Е. Автономные инверторы солнечных электростанций/ Усков А. Е. – Краснодар: КубГАУ, 2011. – 137 с.



Проблема енергозбереження є актуальною не лише для України, але й для всього світу. До складу галузей економіки України, що недостатньо ефективно використовують енергоресурси, входить і сама енергетика.

Забезпечення якості електроенергії на достатньому рівні – одне з головних завдань електроенергетики України. Серед показників якості важливе місце посідає рівень несиметрії напруг електричних мереж. Несиметрія напруг негативно впливає на роботу споживачів, оскільки призводить до зниження надійності й економічності роботи електроприймачів (асинхронних двигунів, систем освітлення, конденсаторних установок, пристроїв автоматики та ін.), до збільшення втрат потужності в лініях електропередач і трансформаторах та зменшення їх пропускної здатності [1, 2].

Несиметричним режимом роботи багатофазної електричної системи називають такий режим, при якому умови роботи однієї чи усіх фаз виявляються неоднаковими. У багатофазних системах, наприклад, трифазних, розрізняють короткочасні й тривалі (експлуатаційні) несиметричні режими. Короткочасна несиметрія звичайно зв'язана з такими аварійними процесами, як, наприклад, короткі замикання, обрив із замиканням на землю, відключення фаз при однофазному автоматичному повторному включенні.

Тривала несиметрія може виникнути при наявності несиметрії в тому чи іншому елементі системи електропередач або при підключенні до системи несиметричних (наприклад, однофазних) навантажень.

Розрізняють два види несиметрії: систематичну та ймовірнісну, або випадкову. Характерний випадок систематичної несиметрії постійне перевантаження однієї з фаз. У цьому випадку здійснюють вирівнювання навантажень фаз шляхом їх перемикання з перевантаженої на недовантажену фазу. Випадкова несиметрія характеризується почерговим перевантаженням то однієї, то іншої фази. У цьому випадку необхідним є застосування симетрувальних установок з автоматичним їх керуванням [3].

Робота з електронною системою моделювання NI Multisim включає три основних етапи: створення схеми; вибір, підключення вимірювальних приладів; активацію схеми – аналіз процесів, наявних у досліджуваному пристрої. Завдяки Multisim опис схем є простим та інтуїтивно зрозумілим. В програмному продукті Multisim відповідно до попорної схеми електропостачання можна створювати та моделювати системи електропостачання.

Висновки. За допомогою пакету комп'ютерних програм з моделювання та аналізу електричних схем було розраховано режим роботи сільської мережі 0,38 кВ. Для зниження рівня несиметрії напруг запропонована система електропостачання, при якій по населеному пункту проходить розподільна повітряна лінія напругою 10 кВ, від якої через встановлені на опорах однофазні трансформатори по коротких повітряних лініях 0,38 кВ живляться кілька найближчих споживачів. Розраховано роботу мережі 10 кВ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Леонт'єв, В. О. Симетрування неповнофазних режимів в розподільних електричних мережах: монографія / В. О. Леонт'єв. – Вінниця: ВНТУ, 2009. – 164 с.
2. Кузнецов В.Г. Електромагнітна сумісність. Доза несиметрії напруги / В.Г. Кузнецов, Е.Г. Курінний, О.П. Лютий. – Технічна електродинаміка, 2005, №3. – с. 49-53.
3. Лютий О.П. Комплексний аналіз несиметрії і несинусоїдальності в системах електропостачання з різкозмінним навантаженням / О.П. Лютий. – Технічна електродинаміка, 2002, ч. 2. – С. 104–107.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ  
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІТимошенко М. М., магістр, e-mail: [tymoshenko@ukr.net](mailto:tymoshenko@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Савченко О. А.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний час задача економії енергоресурсів і зменшення енергоємності продукції є актуальною в багатьох країнах. Однією з основних причин виникнення втрат в електричних мережах є перетоки реактивної енергії на значну відстань – від електростанцій до місць споживання. Компенсація реактивної потужності є одним з найважливіших шляхів вирішення даної проблеми.

Мета досліджень. Підвищення ефективності використання пристроїв компенсації реактивної потужності на основі встановлення оптимальних параметрів та вдосконалення технічних рішень засобів компенсації.

Основні матеріали досліджень. Враховуючи те, що процеси генерації і споживання реактивної енергії збігаються в часі, баланс реактивної потужності за умови стабільної частоти струму досягається зміною спаду напруги. У ті моменти часу, коли реактивна потужність джерел живлення недостатня для покриття реактивної потужності споживачів при заданій напрузі, відбувається спад напруги до тих значень, доки не наступить баланс реактивних потужностей. Якщо ж співвідношення реактивних потужностей джерел і приймачів у певний момент часу зміниться на протилежне, відбувається підвищення напруги на таку величину, щоб баланс реактивних потужностей зберігався. Резервом реактивної потужності називають найбільше значення реактивної потужності, яке додатково може споживатися в певному вузлі електропостачальної системи. Дефіцитом реактивної потужності називають найменше значення реактивної потужності, яке може бути скомпенсоване в певному вузлі електропостачальної системи за умови, щоб коливання напруги, зумовлене зміною реактивної потужності, не перевищувало встановлені межі.

При виборі оптимальної потужності засобів компенсації реактивної потужності необхідно зіставляти їхню вартість з позитивним ефектом, одержуваним від зменшення втрат енергії та покращення показників її якості. В результаті досліджень встановлено, що реактивна потужність, яку економічно доцільно передавати по мережі, не залежить від вихідної реактивної потужності і визначається тільки параметрами мережі, вартостями компенсаційних установок і втрат електроенергії та граничним строком окупності. Це дозволяє для кожного вузла мережі визначити економічне значення споживаної реактивної потужності. Економічне значення споживаної реактивної потужності визначається співвідношенням вартостей компенсаційних установок та електроенергії і при їхній пропорційній зміні залишається постійним.

Підсумовуючи вищевикладене, можна дійти висновку, що економічно доцільним є зменшення реактивної потужності, яка перетікає між джерелами живлення і електроприймачами, і тим самим зменшення величину втрат і збитків, зумовлених зазначеними вище явищами в складових частинах електропостачальної системи.

Висновки. Оптимальне значення коефіцієнта потужності після впровадження компенсації перетоків реактивної енергії для електромереж 0,38 кВ знаходиться в межах  $\cos \varphi = 0,92 - 0,98$ , причому вищі значення відповідають більшим навантаженням з вищими вихідними значеннями коефіцієнта потужності.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю. С. Железко. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.: ил.

Тоберт О. Ю., магістрант, e-mail: [tobert.sasha@gmail.com](mailto:tobert.sasha@gmail.com)

Науковий керівник: ст. викладач Попадченко С. А.

Державний біотехнологічний університет

Сучасна проблема нашої країни – криза енергетичних ресурсів. У зв'язку з цим виникає потреба у використанні нових джерел нетрадиційної енергетики. Клімат за останнє десятиріччя значно змінився в сторону потепління. Тому на часі застосування сонячної енергетики, як екологічно чистого та відновлюваного джерела енергії [2]. Сонячні випромінювання, падаючи на земну поверхню, не мають певного місця концентрації, тому їх необхідно вловити і перетворити на форму енергії, яку можна було б використовувати для потреб людини. А ще їх потрібно запасти для використання у нічний час. Традиційні ресурси вичерпуються, тому сонячна енергетика буде розвиватись і поступово здешевлюватись [1].

Перспективно для сільськогосподарського споживача застосовувати мобільні фотоелектричні станції, які є автономними джерелами енергії і можуть бути використанні у польових умовах, так і для стаціонарного споживання, для заряджання акумуляторів. Сонячну енергію можна застосовувати як портативну систему сонячного живлення, вона призначена переважно для живлення побутової та спеціальної апаратури постійного струму, що мають потужність до 60 Вт, та ґрунтується на сонячних фотоелектричних модулях. До складу портативної системи входять: сонячна батарея, герметизована акумуляторна батарея з контролером заряду-розряду та пристроєм сигналізації, мережевий адаптер та світильник із люмінесцентною лампою.

В складних сучасних умовах, іноді польових, сонячна кухня є побутовою геліоустановкою, призначеною для приготування їжі. Основним елементом є геліоконцентратор, який фокусує сонячні промені на поверхні приймача випромінювання – посуду, в якому готується їжа. Найчастіше геліоконцентратори, що використовуються для сонячної кухні, мають невисоку точність фокусування сонячного випромінювання, проте її цілком достатньо для зручності у побутовому застосуванні. Обертання за видимим рухом сонця здійснюється вручну, а ККД установки досягає 55-60 %.

Якщо говорити про переваги використання сонячної кухні, то можна відзначити її компактність для використання в похідних умовах, незамінність за відсутності газопостачання та, безумовно, бюджетність цієї установки [3].

Перспективно використанням фотоелектричних систем для нічного освітлення вулиць, автострад та інших територій. Ці системи мають автономне електропостачання з урахуванням сонячного модуля, що дозволяє зробити освітлення мало затратним. Принцип дії таких систем надійний та простий. Протягом світлового дня фотоелектричний елемент заряджає акумулятори, перетворюючи сонячну енергію на електричну. У нічний час світильник автоматично загоряється і продовжує горіти до світанку. На зарядку акумуляторів інтенсивність сонячного випромінювання не впливає, він може заряджатися навіть у похмуру погоду, не кажучи вже про зимовий сезон.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ионов В.С. Солнечная энергетика уже давно не экзотика // Энергосбережение. 2006. № 6. С. 82-83.
2. Попадченко С. А. Гібридні електричні мережі – необхідність та перспективи розвитку в Україні/ С. А. Попадченко// Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка Випуск 186 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України.».- Харків: ХНТУСГ, 2017. - С. 39-44.
3. Шетов В. Х. Перспективы солнечного теплоснабжения/ В. Х. Шетов// Энергосбережение. 2006. № 2. С. 98-99.

## ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ НАПРУГОЮ 6-35 кВ ШЛЯХОМ ВРАХУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ

Хвостов О. С., магістр, e-mail: [Khvostov@gmail.com](mailto:Khvostov@gmail.com)

Науковий керівник: доц., к.т.н. Серeda А. І.

Державний біотехнологічний університет

Одним із аспектів поліпшення прогнозування втрат електроенергії є врахування кліматичних факторів. Офіційний підхід в Україні передбачає врахування середньорічної температури повітря при розрахунках навантажувальних втрат електроенергії в повітряних лініях електропередач (ЛЕП) та втрати на корону в повітряних лініях напругою 110 кВ та вище. Сьогодні в розрахункових моделях використовуються довідкові параметри ЛЕП для температури навколишнього повітря 20 градусів. Але температура повітря може істотно змінюватись впродовж року. Проте навіть у зміна температури проводу не розглядається. Крім того, на температуру проводу впливають інші кліматичні фактори (опади, сила та напрямок вітру тощо), вплив яких на втрати електроенергії в повітряних лініях потребує подальшого дослідження. Включення до математичної моделі розрахунку втрат впливу кліматичних факторів дозволить поліпшити аналітичну та розрахункову бази, зменшити похибку розрахунків та прогнозування, а також надасть повніше уявлення про процеси, які мають місце в повітряних лініях електропередачі.

На сучасні ЛЕП припадає близько 15 % всіх навантажувальних втрат систем електропостачання, тому дослідження в цьому напрямку є актуальними. Розглянуті кліматичні фактори, які впливають на навантажувальні втрати електроенергії в повітряних ЛЕП; розроблена математична модель теплових процесів в проводах ЛЕП, розглянуті основні складові моделі; вперше досліджено, розраховано і запропоновано включити в основне рівняння теплового балансу, що встановився для проводів ЛЕП, коефіцієнти тепловіддачі, які враховують вплив атмосферних опадів (дощ, сніг); запропоновано вираз для визначення навантажувальних втрат електроенергії в повітряних ЛЕП з урахуванням кліматичних факторів; перевірена адекватність отриманої математичної моделі. Більш точного та повного врахування факторів, що впливають на втрати електроенергії в обладнанні, а також застосуванні поліпшених методів розрахунку та прогнозування втрат електроенергії. Досягти підвищення точності розрахунку навантажувальних втрат електроенергії у ЛЕП, для чого запропонувати математичну модель для визначення навантажувальних втрат електроенергії в повітряних ЛЕП з урахуванням кліматичних факторів, розглянути основні складові моделі; розрахувати коефіцієнти тепловіддачі, які враховують вплив атмосферних опадів (дощ, сніг); перевірити адекватність отриманої моделі. Теплопередача в ЛЕП здійснюється шляхом теплопровідності, випромінювання і конвекції. Визначають теплову рівновагу між провідником, по якому протікає струм, і параметрами довкілля. Особливість теплопередачі в проводах ЛЕП полягає в тому, що теплота, яка передається від гарячого середовища всередині проводу до холодного оживаючого середовища, зовні ніби розширяється, оскільки внутрішня площа поверхні теплопередачі менша, ніж зовнішня. Для такого випадку густина теплового потоку  $q$ , що передається теплопередачею від гарячого теплоносія всередині проводу до холодного зовні, Врахування кліматичних факторів дозволяє підвищити точність розрахунків навантажувальних втрат електроенергії в повітряних лініях електропередачі. На розглянутому прикладі показано, порівняно з офіційним, виявився точнішим в середньому на 6,04% для найхолоднішого місяця року та на 4,73% для найтеплішого місяця.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Уточнені алгоритми розрахунку втрат електроенергії у мережах 0,38 кВ у реальному часі // Проблеми регіональної енергетики. - 2010. - 2 (13). - С. 35-42.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ  
ТА КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Ховрах В. Ю.,

Похила Т. М., магістри e-mail: [vladqwdrtty@gmail.com](mailto:vladqwdrtty@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Окушко О. В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Електроенергетична галузь України має велику кількість проблем, які потребують нагального вирішення. В першу чергу, це стосується вирішення задач, які пов'язані з методологією та інструментаріями управління електричним споживанням, що включає у себе питання енергозбереження, енергоефективності, економічної і комерційної обґрунтованості.

Необхідність обліку і управління режимами електроспоживання у промисловості і житлово-комунальній сфері обумовлено тим, що їх електричні навантаження зростають та створюють дефіцит потужності об'єднаній енергетичній системі України.

Автоматизований комерційний облік та моніторинг споживання електричної енергії є однією із головних техніко-економічних проблем сьогодення. Необхідність вирішення якої є економічною і технологічною основою виживання нашої країни.

Сучасні автоматизовані системи моніторингу та комерційного обліку електричних ресурсів (АСКОЕ) є не простими системами, які одночасно ведуть облік, проводять вимірювання кількості спожитої електричної енергії територіально розподіленими точками обліку та передають інформацію далі за ієрархічним рівнем у режимі реального часу.

Сучасна система побутового споживання електричної енергії побудована на принципі використанні автоматизованого приладового енергообліку, що зводить до мінімуму участь людини в збиранні, вимірюванні і обробленні даних та забезпечує, точний, гнучкий, достовірний, оперативний та адаптований до різних тарифних систем облік, як з боку постачальника енергоресурсів, так і з боку.

Наявності автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії у споживача дає можливість узгодження процесу електроспоживання з постачальниками ресурсів, безпроблемного переходу на інші тарифні системи та мінімізування витрат.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Праховник А.В. Автоматизация управления электропотреблением / А.В. Праховник – К.: Вища школа, 1986. – 76 с.
2. Буйний. Р.О. Використання інформації від АСКОЕ та нейронних мереж для розрахунку недовідпуску електричної енергії споживачам / Р.О. Буйний, В.В. Зорін, В.В. Козирський // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2009. – № 2. – С. 82 – 86
3. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю.С. Железко. – М.: НИЦ ЭНАС. – 2002. – 280 с.
4. Находов В.Ф. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії/ В.Ф. Находов, О.В. Бориченко, О.В. Тишко // «Промислова електроенергетика та електротехніка» Промелектро : інформ. зб. – 2010. – № 3. – С. 51 – 58. 126



ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ  
НА ВТРАТИ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ  
Черніков Д. В., магістрант, e-mail: [danil3001chernikov@gmail.com](mailto:danil3001chernikov@gmail.com)  
Науковий керівник: доц. Назаренко О. Ю.  
Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій. Найбільш актуальною проблемою мереж електропостачання сьогодні стало збільшення споживання реактивної потужності на тлі надзвичайної складності її передачі від електростанцій споживачам. У зв'язку з цим винятково важливим стає проведення заходів щодо компенсації реактивної потужності в самих споживачів електроенергії, що дозволить зберегти загальний баланс потужності в системі й забезпечити стійкість напруги мережі.

Компенсація реактивної потужності – одне з актуальних завдань при оптимізації режиму напруги і електроспоживання з метою зниження втрат і підвищення показників якості електроенергії. Крім того, компенсація реактивної потужності дозволяє зменшити плату промислового підприємства за реактивну енергію. Отже, компенсація реактивної потужності дуже актуальна й економічно виправдана, особливо для промислових підприємств.

Мета досліджень. Аналіз та оцінка впливу реактивної потужності на електричні мережі, з метою зниження втрат на транспортування електричної енергії.

Основні матеріали досліджень. Реактивна потужність – потужність, яку джерело змінного струму протягом однієї чверті періоду віддає в зовнішнє коло з реактивним опором, а протягом іншої чверті періоду отримує назад. Реактивна потужність виражається добутком напруги на затискачах даного кола на реактивну складову струму в ньому.

Передача реактивної потужності по лініях електропередач і через трансформатори не вигідна оскільки:

1) При її передачі виникають додаткові (теплові) втрати активної потужності в лініях, трансформаторах, генераторах електростанцій, що вимагає збільшення їх номінальної потужності або кількості. Втрати активної потужності можна визначити за виразом:

$$P\Delta = (P^2 + Q^2)R / U_{НОМ}^2. \quad (1)$$

2) Виникають додаткові втрати напруги, що позначається на якості електроенергії у споживачів:

$$\Delta U = (PR + QX) / U_{НОМ}. \quad (2)$$

де  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  – відповідно активна, реактивна і повна потужності;

$R$  і  $X$  – відповідно активний і реактивний опори елементів електричної мережі;

$U_{НОМ}$  – номінальна напруга мережі.

3) завантаження реактивною потужністю ЛЕП і кабелів знижує їхню пропускну здатність.

Висновок. В результаті аналізу можна зробити висновок, що компенсація реактивної потужності дозволяє не лише знизити обсяг передаваної реактивної потужності, а і збільшує пропускну здатність ліній, а також зменшуються втрати активної потужності.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии: Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ  
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ SMART GRID

Чорний Р. О., магістрант, e-mail: [zloyromantikdlec@gmail.com](mailto:zloyromantikdlec@gmail.com)

Науковий керівник: ст. викладач Пазій В. Г.  
Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій.

Надійність електропостачання може бути порушена через різні причини. Тому актуальним завданням є модернізація енергооб'єктів, щоб мінімізувати витрати, підвищуючи при цьому надійність і безпеку мережі. Перехід до розумних мереж або SMART GRID дозволяє покращувати виробництва, технології автоматизації та зв'язку. [1]

Мета досліджень. Дослідити надійність електричної мережі з розподіленою генерацією та споживачами, інтегровану в SMART GRID.

Основні матеріали досліджень. SMART GRID – майбутнє покоління електричної мережі, яка розумно інтегрує дії виробників та споживачів зв'язуватися та спілкуватися разом, щоб забезпечити ефективне, стійке, надійне, безпечне та економічне постачання електрики. SMART GRID розглядається як самодостатня система, що дозволяє інтегрувати будь-які джерела генерації в електричну мережу з метою забезпечення надійної, безпечної та стійкої електроенергії для споживача.

У зв'язку з енергетичною кризою досить актуальним є використання відновлюваних енергетичних ресурсів як запасів енергії. У традиційній електричній мережі електрична енергія передається до споживачів через лінії електропередавання, що призводить до виникнення втрат потужності та зниження напруги в мережі. Проте, при використанні альтернативних джерел енергії, можлива розподілена генерація і генератори можуть бути підключені безпосередньо до точок споживання енергії. Таким чином, лінії електропередачі а отже і втрати в них значно скорочуються.

Для аналізу було створено мережу, що складається з вузлів, об'єднаних лініями, одного джерела енергії та навантажень. Припустимо виникає перевантаження через велику кількість енергії споживаної навантаженнями одночасно. Як наслідок цього може статися, наприклад, спрацювання захисту і перерва електропостачання. Щоб уникнути даної несправності, пов'язаної з перевантаженням мережі, ми можемо скористатися енергією від блоків розподіленої генерації, що зможе знизити споживання енергії від джерела енергії і значно знизить ймовірність виникнення несправності.

В результаті проведеного моделювання можна відзначити, що частота відмов для тестової мережі напругою 110 кВ дорівнювала 0,467, а інтенсивність 0,225 за період часу 1 рік. А при введенні у використання розумної мережі частота відмови знизилася до значень рівних 0,418.

Важливо відзначити, що даний спосіб підвищення надійності мережі за допомогою введення додаткових генераторів є дорогим як з точки зору введення нового обладнання, так і з точки зору налагодженої роботи всієї розумної мережі. Отже, важливо враховувати величину витрат, необхідних для реалізації та вартість аварійного ремонту обладнання у разі виникнення перенапруги.

Висновок. Таким чином, результати моделювання розумних мереж свідчать про підвищення надійності електропостачання споживачів. Можна відзначити, що при несправності ймовірність падіння напруги в мережі знизиться з 45% до 40%. Це доводить можливість застосування розумних мереж для підвищення надійності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bazyuk T., Blinov I., Butkevich O., Denysiuk S. et al. Intelligent Power Networks: Elements and Modes / By ed. acad. NAS of Ukraine O. Kyrylenko. – K.: IED of NAS of Ukraine, 2016. – 400 p.

Для зниження несиметрії напруг у мережах напругою 0,4 кВ з глухо заземленою нейтраллю розроблені різноманітні способи та технічні засоби, що відрізняються за складністю, вартістю, економічністю, ефективністю, принципом дії та доступністю для тих чи інших категорій споживачів. Всі вони шляхом реалізації умовно поділяються на технічні та організаційні, хоча ряд з них можуть реалізовуватися одночасно як одним, так і іншим шляхом. Вирішення проблеми несиметрії напруг у сільських електричних мережах напругою 0,4 кВ; виявлення причин появи несиметрії напруг та наслідків від її наявності в мережі для трифазних та однофазних споживачів. Спосіб вирішення цієї проблеми шляхом розробки пристрою симетрування напруги. Зниження рівня несиметрії напруги в мережах 0,4 кВ може бути реалізовано такими способами: застосуванням замкнених схем розподільчих мереж 0,4 кВ; перерозподілом (рівномірним розподілом) навантажень по фазах мережі; зниженням опору нульової послідовності мережі; усуненням складових нульової та зворотної послідовностей трифазної напруги мережі. При проектуванні трифазних чотири провідних електричних мереж намагаються наявних однофазних споживачів з урахуванням їхньої потужності розподіляти по фазах якомога рівномірніше, щоб досягти симетрії струмів.

Однак навантаження, створюване кожним однофазним споживачем, є змінною величиною, що залежить від часу доби і сезону і часто має тенденцію до зростання рік у рік (особливо у разі індивідуальних житлових будинків), через чого в процесі експлуатації може виникати так звана ймовірнісна несиметрія напруги. За тривалий проміжок часу з великою ймовірністю спочатку симетрична система навантажень мережі перетвориться на стійко несиметричну систему. У той же час, протягом сезону характер розподілу струмів по фазах може бути відносно стабільним.

Несиметрія напруги, яка з'являється внаслідок відносно високого значення опору нульової послідовності мережі та значної відмінності величин навантажень по фазах, що властиво для сільських електричних мереж, характеризується наявністю у фазних напругах складових напруги нульової послідовності, що являють собою три однакових за модулем і напрямом вектора напруги, доданих кожен до відповідної складової прямої послідовності.

Пристрій симетрування напруги може бути випущений на широкий діапазон потужностей і застосовується як для окремих індивідуальних трифазних споживачів (наприклад, житлові будинки з трифазним введенням електроенергії, адміністративні будівлі, деякі процеси або агрегати на фермах, насосні станції), так і для груп з декількох однофазних або трифазних споживачів. У першому випадку УСН передбачається включати між електричним введенням того чи іншого об'єкта і мережею, а в другому - у розрив лінії електропередачі, що живить групу споживачів, що розглядаються. Можна виділити такі переваги пристрою в порівнянні з іншими технічними засобами: незалежність результату функціонування від параметрів мережі, захист від небезпечних наслідків обриву нульового дроту, не потрібні заходи щодо реконструкції трансформаторної підстанції напругою 10/0,4 кВ; можливість використання індивідуальним споживачем у приватному порядку обленергопостачальною організацією, розширюваність схемного рішення до повноцінного стабілізатора напруги без істотних змін малогабаритних параметрів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропостачання сільського господарства. - М.: Колос, 2008. - 655 с.

Поєднання екологічних норм стосовно викидів в навколишнє середовище та застосування нових технологій ускладнює вибір енергоефективних машин та палива, яке має бути екологічно безпечним. Тому збереження навколишнього середовища через скорочення викидів разом з дотриманням нормативних вимог плюс підвищення енергоефективності є ключовими завданнями для морського сектору. Існує ряд консалтингових організацій, які готові допомогти судновласнику. Судновласник потребує реалізацію нової концепції енергоефективного проекту, оптимізації нової споруди чи модифікації з урахуванням поточного стану експлуатації системи. Для того щоб виконати екологічні норми та стандарти по зниженню викидів, зниженню витрат пального, зменшення експлуатаційних витрат, необхідно провести оцінку варіантів системи, які будуть відповідати запрошеної якості та ефективності роботи системи.

Можливо застосувати альтернативні види палива та задіяти інші заходи спрямовані на вирішення завдання з підвищення енергоефективності. Існує інструментарій та методології, які використовуються для оцінки та кількісного визначення ефективності як широко відомих технологій, так і нових технологій для суднових систем, це і альтернативні види палива (аміак, водень, метанол) також застосування акумуляторів. Енергоефективні технології, такі як паливні елементи, рекуперація відпрацьованого тепла, валогенератори, ефективність гребного гвинта доповнюють список «повинен мати» для судновласника.

Виявляється енергетичний потенціал системи, пропонуються енергоефективні рішення з вирішенням питання екологічної безпеки і порівнюються, що допомагає отримати свідомість про такі фактори, як викиди, витрата палива та гнучкість системи, а також і економічні показники, такі як інвестиційні та експлуатаційні витрати, маневреність судна та вартість вживаних інвестицій. Бажано надати також і розрахунки надійності системи, розрахувати показники ефективності системи

Крім того, ми надаємо надійні розрахунки показників ефективності, таких як річна еквівалентна ставка – це фактична процентна ставка за інвестиційним, кредитним або ощадним рахунком, яка буде отримана після врахування нарахування складних відсотків., Індикатор інтенсивності вуглецю (CII): вимірює ефективність перевезення вантажів чи пасажирів судном, та EEXI [1] - визначає стандартизовані викиди CO<sub>2</sub> залежно від встановленої потужності двигуна, вантажопідйомності та швидкості судна, EEDI - індекс енергоефективного проектування (EEDI), який застосовується тільки для судів нової споруди, і, очікується, що EEXI, EEDI індекси будуть об'єднані в єдиний набір рекомендацій.

Як отримати конкурентну перевагу судновласнику? Реалізувати енергоефективні проекти, які також спрямовані на декарбонізацію систем за рахунок зниження витрат палива, зниження викидів за допомогою реалізації ефективних рішень. За допомогою програмного забезпечення з моделювання суднових систем плюс енергоефективні технології. Провести енергетичне обстеження та отримати техніко-економічне обґрунтування систем, видів палива, що допоможе знизити витрати палива протягом життєвого циклу системи. Провести кількісну оцінку можливостей та обмежень доступних рішень до реалізації. Економічний показник, бажане скорочення експлуатаційних витрат, можливо отримати за допомогою застосування енергоефективного обладнання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. EEXI and CII - ship carbon intensity and rating system (2022) Imo.org. Available at: <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/EEXI-CII-FAQ.aspx> (Accessed: March 24, 2023).

## СЕКЦІЯ 2. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 663.004.183; 631.172

ОБГРУНТУВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ ОБСЯГІВ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ КСЕП

Баришпол С. В., магістр, email: [baryshpols@gmail.com](mailto:baryshpols@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Дудніков С. М.

Державний біотехнологічний університет

На основі результатів проведеного аналізу роботи комбінованої системи енергопостачання (КСЕП) створюються варіантні схемні рішення по використанню енергії з альтернативних джерел (АДЕ). Враховуючи методологічні аспекти розробки енергетичних балансів на основі результатів енергоаудиту та сформульованих принципів будови КСЕП вдосконалено її структурно-параметричну схему.

За даними структурно-параметричної схеми величини обсягів різних видів енергії при енергопостачанні споживачів КСЕП представимо у вигляді функцій  $Y_i = f(x_1, x_2, x_3 \dots x_n)$  від змінних параметрів  $x_i$ .

$$A_{\Sigma} = \begin{bmatrix} Y_1 = Y_1'' + Y_1' + Y^{\circ} - Y_1^{\bullet} - Y_3^{\bullet} - Y_4^{\bullet} - Y_5^{\bullet} - Y_6^{\bullet} \\ Y_2 = Y_2'' + Y_2' - Y_2^{\bullet} \\ Y_3 = Y_3'' + Y_3' \\ Y_4 = Y_2^{\bullet} + Y^{\bullet} + \Delta Y_3^{\bullet} - \Delta Y_2^{\bullet} \\ Y_5 = Y_3^{\bullet} - \Delta Y_3^{\bullet} \\ Y_6 = Y_4'' + \Delta Y_4' + \Delta Y_{42}' + \Delta Y_{44}' + Y_4^{\bullet} + Y_5^{\bullet} + Y_6^{\bullet} \end{bmatrix} = [\sum_1^6 Y_i] \quad (1)$$

Дослідження залежності змін обсягів різних видів енергії  $Y_i$  від величини змінних параметрів ( $x_i$ ) визначає умови прийняття рішення щодо вибору (вдосконаленню тощо) технічних параметрів пристроїв МСАДЕ, наприклад:

а) електрична енергія

$$Y_1 = f(k_1, U, I, R, \cos\varphi, \tau_1) \quad , \quad (2)$$

б) теплова енергія

$$Y_2 = f(k_2, m, c, \Delta Q, \tau_2) \quad , \quad (3)$$

в) енергія пального для ДВЗ

$$Y_3 = f(k_3, \theta_e, P_e, \tau_3) \quad , \quad (4)$$

г) теплова енергія гарячого теплопостачання

$$Y_4 = f(k_4, m, c, \Delta Q, \tau_4) \quad , \quad (5)$$

Функціональні залежності вироблених КСЕП обсягів різних видів енергії дозволяють в процесі проектування прийняти рішення щодо вибору або удосконаленню енергетичних установок і пристроїв МСАДЕ в складі КСЕП з підсистемами енергопостачання.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dudnikov S, Miroshnyk O, Kovalyshyn S, Ptashnyk V, Mudryk K, Methodological aspects of evaluating the effectiveness of using local energy systems with renewable sources, E3S Web of Conferences 154, 07013.

2. Serhii Dudnikov, Oleksandr Miroshnyk, Oleksandr Moroz, Oleksandr Savchenko, Iryna Trunova and Volodymyr Pazy, Substantiation of Algorithms of Functioning of the Combined Power Supply System with Renewable Sources, Easy Chair Preprint № 6745



ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНИХ  
ВІТРОФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОГО ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ В  
ПЕРІОД ВІЯЛОВИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

Баркарь О. О., бакалавр, e-mail: [barkar133@gmail.com](mailto:barkar133@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Головка В. М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Вступ: Якщо раніше побудова вітро/фото-електричних станцій (ВіФЕС) в більшості випадків була звичайною інвестицією, бізнесом, що опирається на зелений тариф, і рідше вимушеною мірою, для регіонів з складною ситуацією, де «зелена» енергія використовувалась для власних потреб. То зараз, в скрутні часи, коли деякі споживачі щодня залишаються без електропостачання по 10-15 годин, вже з'являється потреба у власному джерелі енергії, надійному та безперебійному. Воно повинно задовольняти всі потреби людей у будь-який час доби.

Мета роботи полягає в оцінці можливості використання автономних ВіФЕС, для забезпечення надійного електропостачання у періоди відключень.

Матеріали: Загалом через постійні атаки пошкодженими залишаються майже два десятки енергоблоків теплоелектростанцій. Якщо додати до цього факту окупації частини наших енергооб'єктів, то Україна тимчасово втратила 44% атомної генерації, 75% потужності ТЕС та 33% блокових ТЕЦ. Енергетична система зазнала значних пошкоджень. По всій країні посилюються віялові відключення. Мешканці деяких сіл перезимовували маючи світло по декілька годин на день. Аби цього запобігти в майбутньому, потрібно починати шукати власні джерела енергопостачання вже зараз. Завдяки використанню власної системи виробітку електроенергії власник в періоди відключень електропостачання від основної мережі просто переходить на власні джерела забезпечення, та продовжує працювати в зручному режимі. Згодом, після повернення енергопостачання, можна знову перейти на живлення від мережі, а акумулятори залишити заряджатись, до наступної хвилі відключень.

Встановлення фотоелектростанції (ФЕС) є більш простим в реалізації та компактним рішенням, але в порівнянні з вітроелектростанцією (ВЕС) не таким надійним по-перше через значний вплив погодних умов на ефективність генерації, а по-друге залежність від часу доби. Тому найефективнішим буде встановлення ВЕС і СЕС у комплексі, в розрахунку на необхідну генерацію та орієнтуючись на бюджет та кліматичні умови середовища. Також важливим показником буде відстань до передової та можливість влучання ворогом по автономній електростанції.

В порівнянні з рідкопаливними генераторами, які зараз у всіх на слуху, встановлення ВіСЕС є більш дорогою альтернативою. Але в перспективі, після закінчення війни генераторів буде повно на кожному кроці, вони стануть не потрібні та продаватимуться людьми за безцінь, через що майже всі інвестовані гроші згорять. На відміну від інвестицій у відновлювані джерела енергії, адже що до війни, що після, зелений тариф продовжує працювати, і встановлені потужності будуть продовжувати повільно окупатися і з часом почнуть заробляти власнику кошти поверх його вкладів[2].

Висновки: завдяки встановленню автономних ВіСЕС у регіонах з дуже складною ситуацією з електропостачанням власники зможуть подолати цьогорічну зиму і в майбутньому, після усунення проблем в енергосистемі України, спокійно заробляти кошти на зеленому тарифі цією ж системою.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Графіки відключень світла. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [\[https://bbc.com/ukrainian/news-63416645\]](https://bbc.com/ukrainian/news-63416645).

2. Інформація про перспективність встановлення СЕС.

[Електронний ресурс] – Режим доступу: [ <https://unisolar.com.ua/> ].

## ДІАГНОСТУВАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ ТА ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Білий А. Б., магістр, e-mail: [a\\_bily@ukr.net](mailto:a_bily@ukr.net)  
Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.  
Державний біотехнологічний університет

Ефективність і надійність функціонування електротехнічного устаткування електростанцій залежить від його технічного стану. Сучасне електротехнічне устаткування має досить високі розрахункові показники надійності. Проте в процесі експлуатації під впливом різних чинників, умов і режимів роботи початковий стан устаткування безперервно погіршується, знижується експлуатаційна надійність і збільшується небезпека виникнення відмов. Надійність електроустаткування залежить не лише від якості виготовлення, але і від науково обґрунтованої експлуатації, правильного технічного обслуговування і своєчасного ремонту. У основі процесу експлуатації електроустаткування лежать послідовні в часі зміни станів роботи, резерву, ремонту, технічного обслуговування, зберігання [1, 2].

Технічна діагностика вивчає методи отримання і оцінки діагностичної інформації, діагностичні моделі і алгоритми прийняття рішень. Метою технічної діагностики є підвищення надійності та ресурсу технічних систем. Як відомо, найважливішим показником надійності є відсутність відмов під час експлуатації технічної системи.

Технічна діагностика завдяки ранньому виявленню дефектів і несправностей дозволяє усунути подібні відмови в процесі технічного обслуговування, що підвищує надійність і ефективність експлуатації, а також дає можливість експлуатації технічних систем відповідального призначення за станом.

Основним завданням технічної діагностики є розпізнавання стану технічної системи в умовах обмеженої інформації. Технічну діагностику іноді називають без-розбірною діагностикою, тобто діагностикою, що проводиться без розбирання чи руйнування виробу. Аналіз технічного стану проводиться в умовах експлуатації, при яких отримання інформації вкрай ускладнене. Часто буває неможливо за наявною інформацією зробити однозначний висновок і доводиться застосовувати статистичні методи.

Відмови фотоелектричних модулів підрозділяються на наступні три категорії: на початковому етапі, відмова в середині функціонування і відмови пов'язані із зношуванням фотоелектричного модуля. В багатьох фотоелектричних модулів спостерігається деструкції потужності (ДП), яка викликана дією світла, і яка проявляється відразу після установки. ДП виникає в будь-якому випадку і номінальна потужність, надрукована на ФЕ модулі зазвичай регулюється, згідно очікуваної втратою потужності через цю особливість

Враховуючи реальну економічну ситуацію в Україні, етапи і передбачувані результати реформування енергетичної галузі, найближчими роками складно чекати введення значної кількості нових генеруючих потужностей. Тому стійке і безперебійне електропостачання споживачів визначатиметься надійністю діючого нині електроустаткування.

Висновки. Для вирішення вище поставленої задачі необхідно приймати нові концепції технічного обслуговування обладнання, ремонту які забезпечують надійність устаткування. Досягається це реалізацією наступних трьох основних напрямів: своєчасним і якісним ремонтом, технічним переозброєнням діючих енергооб'єктів, модернізацією електроустаткування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кутін В. М. Вибір діагностичних параметрів на основі топологічної моделі об'єкта / В. М. Кутін, М. О. Ілюхін // Вісник Кременчуцького державного технічного університету ім. М. Остроградського. – 2008. – № 4 (51), ч. 2. – С. 70.
2. Marc Köntges, Haitao Liu, Kazuhiko Kato. Performance and Reliability of Photovoltaic Systems. Emmerthal, Germany, March 2014.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Бондаренко А. О., магістр, e-mail: [bondarenko\\_a@ukr.net](mailto:bondarenko_a@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Потенціал відновлюваних джерел енергії у світі становить мільярди тон умовного палива на рік і значно перевищує обсяг усіх споживаних в даний час паливно-енергетичних ресурсів. Його раціональне використання дозволить вирішити цілий ряд проблем, пов'язаних з екологічно небезпечними процесами переробки вуглецевого палива і його заощадженням, зниженням витрат на транспортування палива в територіально віддалені регіони і підвищенням рівня їх енергетичної надійності. З огляду на, що застосування альтернативних джерел для виробництва електроенергії – додатковий стимул до розвитку промисловості, забезпечення зайнятості та підвищенню рівня життя населення, а в кінцевому підсумку, зміцнення та стимулювання економіки [1].

Мета досліджень полягає в дослідженні оптимальних параметрів сонячної електростанції та моделюванні її режимів роботи.

Основною класифікацією сонячних батарей прийнято вважати поділ їх за типом фотоелектричних комірок. Сучасні сонячні батареї виготовляються з різних матеріалів, але всі вони умовно поділяються на: кристалічні фотоелементи та тонкоплівкові фотоелементи.

За даними European Photovoltaic Industry Association (Європейської асоціації фотоелектричної промисловості), світовими лідерами з розвитку сонячної енергетики є США та Японія. Японія поставила перед собою завдання досягти до 2020 р. 28 ГВт встановлених потужностей сонячних систем, а до 2030 р. 53 ГВт. Багатообіцяючими виглядають плани США, Індії, Канади, Австралії, ПАР, Бразилії, Мексики, Єгипту, Ізраїлю і Марокко. Планується, що щорічний приріст світового обсягу виробництва сонячної електроенергії у 2020-2030 рр. становитиме 25%. У зв'язку із стрімкими темпами зростання виробництва сонячної електроенергії всі високорозвинені країни світу прагнуть мати власні виробництва спеціального технологічного обладнання, надчастих функціональних матеріалів та сировинної бази для їх отримання, оскільки вони носять стратегічний характер [2, 3]. Для дослідження роботи сонячної електростанції в MatLab Simulink змодельовано термічний модуль, оптимальна робоча точка, блок датчика напруги та постійного струму та інверторний блок. Проведені дослідження та отримані характеристики сонячної панелі без системи очистки та з системою очистки. Дослідження показують, що до використання системи очистки генерована потужність становила 2000 кВт, а при використанні системи очистки генерована потужність зросла до 2300 кВт.

Висновки. Проведені теоретичне обґрунтування та дослідження режимів функціонування сонячних електростанцій, які показали, що застосування системи очистки значно покращує роботу СЕС.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мельничук М., Дубровін В., Красовський Є., Поліщук В., Аналіз сучасного стану і перспектив розвитку світової та української сонячної енергетики. Комісія автомобільної та енергетичної промисловості сільського господарства польської академії наук. 6-9 квітня 2011р. – Люблін, Польська академія наук «ПАН» 2011р. с 5-9
2. IEC 60364-5-54. Electrical Installations of Buildings. Part 5-54: Selection and Erection of Electrical Equipment. Earthing Arrangements, Protective Conductors and Protective Bonding Conductors.
3. Next generation protection system over Ethernet. Developments in Power System Protection / T. Shono, K. Fukushima, T. Kase, H. Sugiura, S. Katayama, T. Tanaka, P. Beaumont, G. Baber, Y. Serizawa, F. Fujikawa / the 10th IET International Conference (DPSP 2010), 29 March - 1 April 2010, Manchester, UK.

Енергетична галузь України є базовою галуззю економіки країни основними задачами якої є скорочення споживання енергії шляхом застосування енергоощадних технологій та створення передумов для поступового переходу на використання відновлюваних джерел енергії. Для стимулювання розвитку відновлюваної енергетики прийнятий Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії», відповідно до якого: «зелений» тариф прив'язаний до курсу євро [1].

На сьогодні встановлена потужність альтернативних джерел енергії (АДЕ) в Україні перевищує 10% встановленої потужності об'єднаної енергетичної системи країни. Але подальший розвиток альтернативної енергетики (АЕ) потребує певних стимулів виробників, що спонукає уряд країни до створення різних механізмів заохочення. Одним із механізмів сприяння розвитку АЕ є механізм Feed-in Premium, за допомогою якого виробники сонячної енергії отримують фіксовану ціну за вироблену енергію та, можуть миттєво продавати електроенергію, вироблену та не спожиту власними силами, за ринковою ціною. Таким чином, пільгові тарифи та надбавки є хорошими інструментами для стимулювання зростання [2]. Для стимулювання виробників електричної енергії (ЕЕ) до Верховної Ради України подано проект Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії генеруючими установками споживачів» [3], який передбачає стимулювання виробництва ЕЕ з АДЕ за механізмом самовиробництва, який встановлюється для генеруючих установок приватних домогосподарств із встановленою потужністю, що не перевищує 30 кВт, малих побутових споживачів із встановленою потужністю, що не перевищує 50 кВт, та для генеруючих установок інших споживачів із встановленою потужністю, що не перевищує 500 кВт. Побутові споживачі та інші споживачі здійснюють продаж електропостачальнику відпущеної ЕЕ за ціною, що склалася на ринку «на добу наперед» у розрахунковому періоді. В проекті закону передбачається, що вартість відпущеної ЕЕ активним споживачем у відповідному розрахунковому періоді (місяці) зараховується на особовий рахунок такого активного споживача у строки, визначені правилами роздрібного ринку ЕЕ. Відповідно до умов договору купівлі-продажу ЕЕ за механізмом самовиробництва електропостачальник або постачальник універсальних послуг в односторонньому порядку здійснює взаємозалік вартості відпущеної та спожитої ЕЕ з урахуванням вартості послуг з передачі та/або розподілу ЕЕ станом на перше число місяця, що настає за розрахунковим періодом (місяцем), з урахуванням обсягу накопичених на особовому рахунку активного споживача коштів за попередні розрахункові періоди. Сума коштів, що були накопичені активним за відповідний розрахунковий період (місяць), може бути використана протягом періоду накопичення, який становить 12 місяців. Прийняття цього закону буде сприяти подальшому розвитку АЕ в Україні.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дороніна І. І. Нормативно-правове забезпечення розвитку відновлюваної енергетики в Україні. *Public administration and local government*, 2020, issue 1(44). Doi 10.33287/102005.
2. Механізми стимулювання для розвитку сонячної енергетики. URL: <https://cutt.us/QQpzt>.
3. Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення умов підтримки виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії генеруючими установками споживачів. Проект Закону України від 13.02.2023 № 9011 (Статус: Одержаний ВР України). URL: <https://cutt.us/fK5WV>.



ПОГЛИНАННЯ ОПТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ РОЗГАЛУЖЕНОЮ ПОВЕРХНЕЮ ПРИЙМАЧА  
ГЕЛІОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Борисюк Д. В., к.т.н., e-mail: [bddv@ukr.net](mailto:bddv@ukr.net)

Вінницький національний технічний університет

Одним з напрямків, який є вкрай важливим для вирішення проблем енерго- та ресурсозбереження є встановлення альтернативних джерел енергії для забезпечення повного або ж часткового гарячого водопостачання [1].

Геліосистема – комплект обладнання, призначений для перетворення сонячної енергії в теплову. Геліосистеми використовуються в побуті для нагрівання води (гарячого водопостачання та підтримки системи опалення).

Аналіз позитивних і негативних сторін методів підвищення ефективності роботи геліоколекторів, досвіду розвинених країн світу в даній проблематиці, а також проведений моніторинг показав, що в даний час необхідне створення енергоємних і компактних установок, в яких поглинач матиме властивості концентруючого елемента, на поверхні якого відбуватимуться багаторазові відбиття, після чого поглинання сонячної енергії поглиначем буде наближатись до властивостей абсолютно чорного тіла, що має 100% поглинання [2].

Підвищення ефективності перетворення сонячного випромінювання в геліоколекторах інноваційної енергозберігаючої системи автономного енергопостачання на базі геліомодулей пропонується здійснити шляхом використання багаторазового поглинання сонячного випромінювання за рахунок розгалуженої поверхні колектора.

При попаданні випромінювання на активну частину поверхні геліоколектора виникає багаторазове відбиття між безліччю ребер спеціальної форми (рис. 1), причому одночасно з цим відбуваються багаторазові відбиття між окремими елементами кожної з  $n$  площин.

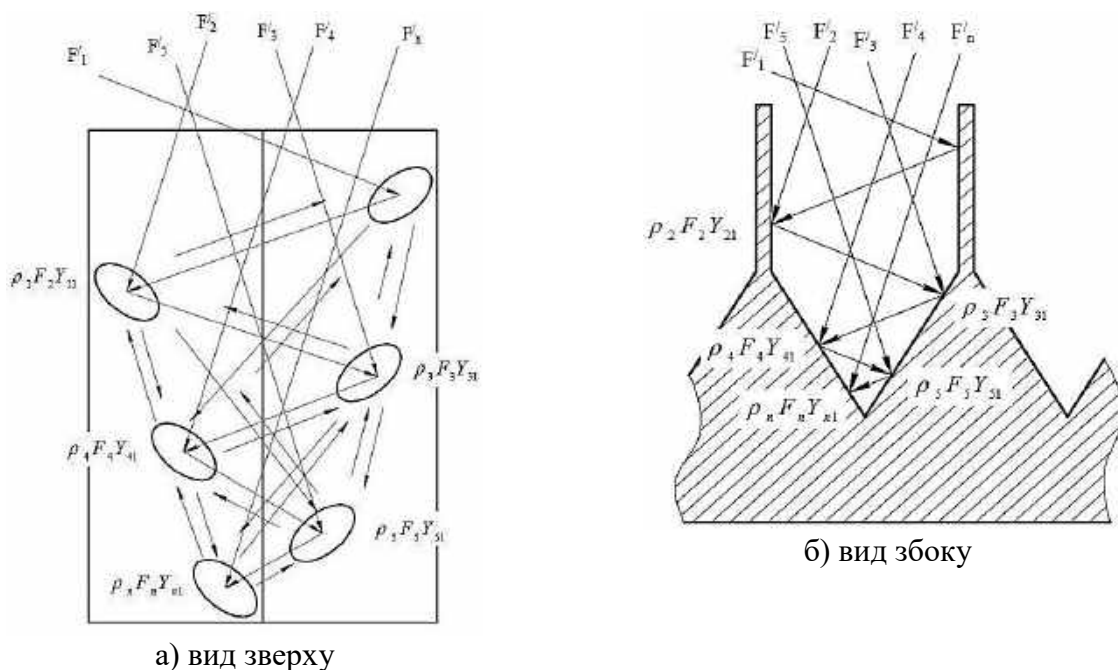


Рисунок 1 - Обребнена поверхня геліоколектора як об'єкт з багаторазовими відбиттями

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Нараєвський С. В. Класифікація традиційних та альтернативних джерел і технологій отримання енергії. *Економічні науки. Серія «Економіка та менеджмент»: збірник наукових праць ЛНТУ*. 2012. № 9 (34). С. 255–269.
2. Duffie J. A., Beckman W. A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. Hoboken, New Jersey (USA): Wiley, 2013. 936 p.



АНАЛІЗ СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ВІД СЕС  
 Броневицький Б. В., магістр, e-mail: [bronik2299@gmail.com](mailto:bronik2299@gmail.com)  
 Науковий керівник: доц. Дудніков С. М.  
 Державний біотехнологічний університет

За наявності значного власного геліопотенціалу в АПК України, який на сьогодні практично не використовується не тільки за відсутності джерел фінансування енергозберігаючих проектів та невідповідності нормативно-правової бази сучасним умовам становлення ринкових відносин в АПК, а й за слабкості існуючого методологічного і методичного супроводження цих проектів стосовно комплексного вирішення питань енергозабезпечення споживачів АПК різними видами енергоресурсів.

На основі результатів проведеного аналізу умов функціонування сонячної електростанції (СЕС) створюються варіантні схемні рішення по використанню сонячної енергії і пристроїв перетворення енергії в інші види. Ціна електроенергії централізованої системи (ЦС) носить умовно постійний характер за часом. Собівартість (С) же електроенергії від СЕС постійно змінюється в сторону зменшення, що пояснюється залежністю:

$$C = \frac{Z}{W} \quad (1)$$

де  $Z$  – загальні капітальні та амортизаційні затрати на СЕС, грн;

$W$  – обсяги корисно використаної електроенергії, кВт·год.

Обсяг корисно використаної енергії від СЕС визначається за формулою:

$$W_{СЕС} = \eta K_{нСЕС} A \int_0^t \sum g_{jt} dt, \quad (2)$$

де:  $\eta$  – річний і сезонний ККД геліоустановки, в.о.;

$A$  – площа геліоколектора, м<sup>2</sup>;

$t$  – час використання навантаження геліоустановкою, год.;

$n$  – доба розрахункового періоду  $j$ -го сезону, в.о.;

$g_{jt}$  – інтенсивність сонячної радіації за часом  $t$   $n$ -ої доби  $j$ -го сезону, кВт/м<sup>2</sup>;

$K_{нСЕС}$  – коефіцієнт незбігання графіка навантаження споживача з наявністю сонячної енергії, в.о.:

Величина  $K_n$  може знаходитись в межах від 0 до 1:

$$0 \leq K_n \leq 1 \quad (3)$$

Коли  $K_n=0$  – споживач не використовує енергію від СЕС, і навпаки, коли  $K_n=1$  – споживач корисно використовує всі обсяги виробленої енергії.

Дослідження функціональних залежностей вироблених СЕС обсягів електроенергії дозволить в процесі проектування прийняти рішення щодо тривалого прогнозування ефективності використання СЕС.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dudnikov S, Miroshnyk O, Kovalyshyn S, Ptashnyk V, Mudryk K. Methodological aspects of evaluating the effectiveness of using local energy systems with renewable sources, E3S Web of Conferences 154, 07013

2. Mohamed Q, Lazurenko A, Miroshnyk O, Dudnikov S, Savchenko A, ... Trunova, I. Analysis of the energy balance of the local energy supply system based on the bioenergy complex, 2020 IEEE 7th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), 134-138.

СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ГІБРИДНОЇ СЕС  
 Греков О. В., магістр, e-mail: [alexwolter2001@gmail.com](mailto:alexwolter2001@gmail.com)  
 Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
 Державний біотехнологічний університет

В останні роки в Україні спостерігається стрімке зростання кількості сонячних електростанцій (СЕС) домогосподарств, так у IV кварталі 2021 року загальна кількість домогосподарств, які мали СЕС склала 44888 одиниць, а їх загальна встановлена потужність склала 1205 МВт [1]. У порівняння з IV кв. 2018 р. кількість домашніх СЕС збільшилась у 6 разів.

У зв'язку з постійними відключеннями електричної енергії внаслідок військової агресії рф на даний момент часу найбільш актуальними є гібридні СЕС [2], які є симбіозом автономної та мережевої станції. Перевагами гібридної СЕС є такі фактори: захищеність від короткочасних відключень, можливість продажу електроенергії, можливість отримання електричної енергії з мережі при її нестачі, мінімальне використання традиційної електроенергії. Недоліками гібридної СЕС є відносно висока вартість та необхідність окремого приміщення для розміщення акумуляторів. До складу гібридної СЕС крім традиційного обладнання (фотоелектричні модулі (ФЕМ), кабельна продукція, металоконструкції для ФЕМ, захисне обладнання, система моніторингу) входить гібридний інвертор та акумуляторні батареї, які накопичують електричну енергію вдень та використовують накопичену електроенергію вночі та за відсутності достатньої сонячної радіації вдень. Система моніторингу СЕС дозволяє контролювати роботу обладнання станції в реальному часі та зберігати інформацію щодо роботи СЕС. Приклад системи моніторингу роботи гібридної СЕС потужністю 5 кВт приведено на рис. 1.

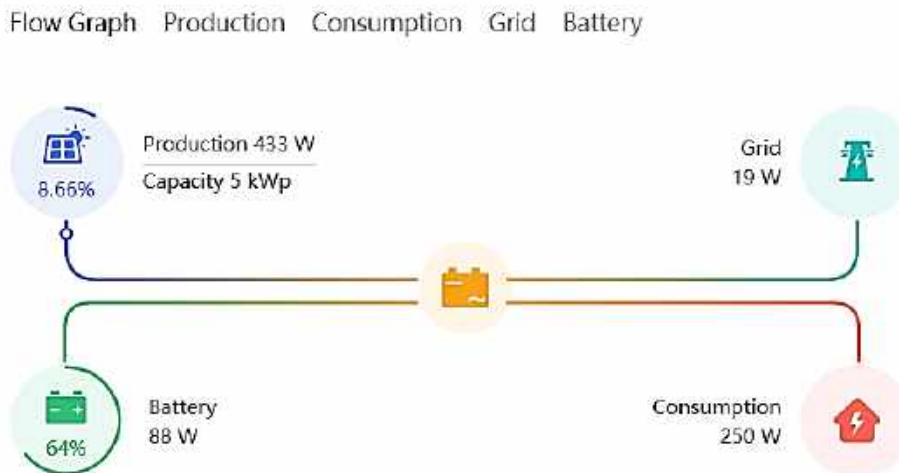


Рисунок 1 – Приклад системи моніторингу роботи гібридної СЕС потужністю 5 кВт

Моніторинг дозволяє оцінити потужність станції в даний момент часу, стан акумуляторних батарей, обсяги споживання споживача та кількість електроенергії, що споживається із мережі. Такі гібридні СЕС є прикладом розподіленої генерації, що повинно бути важливим пріоритетом України, яка воює з рф та буде сприяти післявоєнному розвитку.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сонячні електростанції у приватних домогосподарствах (СЕСд): динаміка розвитку. URL: <https://cutt.us/2MmMS>.
2. Мірошник О. О., Миргород Д. Г., Назаренко О. Ю. Застосування гібридних систем сонячної генерації та зберігання електроенергії в умовах введення графіків аварійних відключень та паралельної роботи цих систем з електричними мережами. – 2022. URL: <https://cutt.us/ZvY0X>.

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Грищенко О. О., магістр, e-mail: [gryshenko\\_o@ukr.net](mailto:gryshenko_o@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Поступове виснаження легкодоступних дешевих енергоресурсів і погіршення екологічних умов життя вимагають розробки нових енергетичних систем, заснованих як на більш ефективному використанні традиційних енергоресурсів, так і на широкому розвитку нетрадиційних екологічно чистих відновлюваних джерел енергії. Використання енергії нетрадиційних і відновлюваних джерел у світі постійно зростає, але частка її в загальному виробництві значно менша від потенціалу.

Вітроелектрика є одним із пріоритетних напрямків розвитку поновлюваних джерел енергії. Вартість вироблення електроенергії сучасної ВЕУ наближається до вартості електроенергії, що отримана за допомогою традиційних електростанцій. Однією з причин обмеженого використання нетрадиційних джерел енергії є нестабільність їх у роботі. Наприклад, відсутність вітру (у вітроелектричних установках) обумовлює періодичність енергопостачання, а нерівномірна швидкість вітру або напору води (у малих гідроелектростанціях) – нестабільність енергетичних характеристик.

Енергія вітру протягом тривалого часу розглядається в якості екологічно чистого невичерпного джерела енергії. Перш ніж енергія вітру зможе принести значну користь, повинні бути вирішено багато проблем, головні з яких: висока вартість вітроелектричних установок, їх здатність надійно працювати в автоматичному режимі протягом багатьох років і забезпечувати безперебійне електропостачання. Тому, сьогодні найбільш важливим завданням стоїть перед вітроелектрикою є зниження питомої вартості електрообладнання ВЕУ. Одним із шляхів зниження вартості є застосування більш економічних структур електрообладнання ВЕУ [1].

Одним з актуальних питань електропостачання промислових підприємств є підвищення надійності і економічності. Тому актуальним є впровадження в систему електропостачання підприємств додаткових джерел електричної енергії. Одним з оптимальних варіантів модернізації системи електропостачання є впровадження вітроелектричних станцій (ВЕС).

Теплова енергія, що безперервно надходить від Сонця, перетворюється в кінетичну енергію руху в атмосфері великих мас повітря, циркуляція яких і називається віт-ром. Вітер – величина векторна, яка характеризується двома основними елементами: напрямком, в якому переміщується повітря, і швидкістю, з якою відбувається це переміщення. Напрямок вітру на практиці прийнято позначати тією частиною горизонту, відкіля він дує. Таким чином, вітер, при якому повітря переміщається з півдня на північ, буде південним [2, 3].

Висновки. Використання вітроелектричної станції в умовах підприємств комплексу дозволить забезпечити умову безперебійності та надійності електропостачання електроприймачів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мельничук М., Дубровін В., Красовський Є., Поліщук В. Аналіз сучасного стану і перспектив розвитку світової та української сонячної енергетики. Комісія автомобільної та енергетичної промисловості сільського господарства польської академії наук. 6-9 квітня 2011р. – Люблін, Польська академія наук «ПАН» 2011р. с 5-9.
2. Генераторне джерело електроенергії: Поз. ріш. по заявці № 2003021633. Україна. / В.І. Ткачук, Б.Л. Копчак; Заявлено 25.02.2003.
3. Півняк Г., Шкрабець Ф., Нойбергер Н., Циленков Д. Основи вітроенергетики: підручник. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.

ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З  
ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Дрига Д. С., магістр, e-mail: [dmitrii.d2018@gmail.com](mailto:dmitrii.d2018@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Дудніков С. М.

Державний біотехнологічний університет

На сучасний стан існують заперечення і протилежні судження щодо ефективного використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ): основне із них висока вартість енергії, яку отримує споживач від місцевої системи з використанням ВДЕ (МСВДЕ) в порівнянні з енергоносіями централізованої системи (ЦС).

Визначення умов, при яких споживач буде мати позитивний економічний ефект від використання МСВДЕ по відношенню до існуючої централізованої системи енергопостачання. Перший захід полягає у визначенні на першій стадії проектування допустимої межі затрат ( $Z_i$ ) на впровадження МСВДЕ. Економічну доцільність характеризуємо з врахуванням ДСТУ 3886 – 99 «Енергозбереження», де критерієм ефективності енергозберігаючих заходів (ЕЕЗ) є чистий позитивний економічний ефект  $E_i$  за  $i$ -тий рік від їх реалізації з урахуванням додаткових приведених затрат:

$$E_i = \Delta P_i - Z_i, \quad (1)$$

де  $\Delta P_i$  – величина диференційного економічного показника (ДЕП);, грн.;

$Z_i$  – затрати на впровадження і використання МСВДЕ за  $i$ -тий рік, грн.

Наступний захід включає організаційно-технологічні та технічні заходи. Організаційно-технологічні включають у собі наступні можливі заходи: проведення енергоаудиту, аналіз створеного енергетичного балансу щодо визначення видів і обсягів виробленої енергії, втрат та витрат на кожному етапі її перетворення, узгодження технологічного процесу виробництва і споживання енергії з урахуванням готовності споживача до прийняття енергії від альтернативних джерел на момент її появи. Методологічна основа організаційно-технологічних заходів охоплює побудову структурно-параметричної схеми МСВДЕ, розроблення методики математичного опису процесів виробництва, втрат та витрат різних видів енергії в структурах (технологіях, установках) АПК та складання на цій основі енергетичного балансу.

Технічний напрямок заходів включає розробка нових та удосконалення існуючих енергетичних установок та пристроїв по перетворенню енергії альтернативних джерел в напрямку зменшення собівартості їх виробництва.

Запропоновані заходи щодо підвищення ефективності функціонування МСВДЕ нададуть можливість споживачу:

- створити конкурентоспроможну систему енергопостачання;
- отримати прогнозований економічний ефект від її використання;
- обґрунтувати доцільність побудови МСВДЕ вже на перших етапах формалізації технічного завдання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. S Dudnikov, O Miroshnyk, S Kovalyshyn, V Ptashnyk, K Mudryk  
Methodological aspects of evaluating the effectiveness of using local energy systems with renewable sources, E3S Web of Conferences 154, 07013
2. Serhii Dudnikov, Oleksandr Miroshnyk, Oleksandr Moroz, Oleksandr Savchenko, Iryna Trunova and Volodymyr Pazy Substantiation of Algorithms of Functioning of the Combined Power Supply System with Renewable Sources, Easy Chair Preprint № 6745

ЗНАЧЕННЯ ГІДРОАКУМУЛЮВАЛЬНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В  
ОБ'ЄДНАНІЙ ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ УКРАЇНИ

Калужний М. Д., бакалавр, e-mail: [kaluzny.nikita@gmail.com](mailto:kaluzny.nikita@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мороз О. М.

Державний біотехнологічний університет

Споживання електричної енергії в об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України змінюється протягом доби внаслідок зміни навантаження у споживачів та стохастичного характеру генерації електричної енергії від відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) [1]. Тому енергетична система повинна мати високоманеврові резерви потужності для забезпечення її надійної роботи. Одним із таких резервів потужності є гідроакумулявальні електростанції (ГАЕС), особливістю роботи яких є те, що вони в залежності від стану виробництва електроенергії в енергосистемі можуть бути як терміновими споживачами електроенергії, так і терміновими генераторами.

Гідроенергетика України відіграє значну роль у роботі ОЕС України, забезпечуючи її високоманевровими потужностями в регулюванні добових графіків навантаження з покриттям пікової частини та заповненням нічних провалів. Також гідроенергетика виконує функцію аварійного резерву потужності. Гідроенергетичні потужності ОЕС України станом на 2020 рік налічують 10 ГЕС потужністю понад 10 МВт, близько 50 ГЕС потужністю до 10 МВт та 4 гідроакумулявальні електростанції, встановлена потужність ГЕС і ГАЕС в ОЕС України складає 7350 МВт. За даними міжнародної гідроенергетичної асоціації (ІНА) загальна генерація гідроенергетикою України у 2019 році склала 6,936 ГВт\*год, загальна потужність ГАЕС становить 25 % від загальної встановленої гідроенергетичної потужності України [2]. В той час як у світі частка ГАЕС складає 12 % встановленої гідроенергетичної потужності. Для надійної і стабільної роботи регулюючі потужності ОЕС України повинні скласти, за даними світової практики, не менше 15% [3]. Оптимальна кількість ГАЕС робить енергосистему стійкою та стабільною до магістральних аварій та непередбачених пікових споживань, раптових аварій на інших генеруючих об'єктах.

З метою інтеграції ОЕС України з ENTSO-E для забезпечення достатнього рівня резервів і надійного електропостачання споживачам «дешевої» електроенергії, враховуючи тенденції, викладені в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року, та керуючись Програмою розвитку гідроенергетики на період до 2026 року, ПрАТ «Укргідроенерго» було визначено необхідність реалізації інвестиційних проєктів стосовно ГЕС і ГАЕС. Перспективними задачами розвитку гідроенергетики України є добудова Дністровської ГАЕС, яка буде складатися із 7-ми гідроагрегатів загальною потужністю 2 268 МВт в генераторному режимі та 2 947 МВт в насосному. Також планується будівництво Канівської ГАЕС потужністю 1 000 МВт в генераторному режимі та 1040 МВт в насосному і Каховської ГЕС-2 потужністю 250 МВт. Реалізація цих інвестиційних проєктів ПрАТ «Укргідроенерго» дозволить довести частку маневрових потужностей ГЕС та ГАЕС у загальному балансі галузі до 16%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лежнюк П. Д., Комар В. О., Лесько В. О., Кузьмик О. В. Оптимізація режимів розподільних електричних мереж в умовах зростання частки розосередженого генерування. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження АПК України. – 2012. № 129. – С. 29-32. URL: <https://cutt.ly/gNsZaCj>.

2. Гідроенергетика України і її роль в енергетичному балансі держави. URL: <https://cutt.us/I4kUr>.

3. Гідроенергетика та її роль у перебудові економіки України. URL: <https://cutt.us/4C3ea>.



АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ПРОМИСЛОВИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ УСТАНОВОККотлінський Ю. О., магістр, e-mail: [kylikovskiyy@ukr.net](mailto:kylikovskiyy@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Куликівський В. Л.

Поліський національний університет, м. Житомир

Вивчення досвіду використання енергетичних установок, які працюють від відновлюваних джерел енергії, показує, що найбільш динамічно розвивається сонячна фотоенергетика. Удосконалення додаткових елементів фотоелектричних установок, крім зниження вартості, має бути спрямоване на підвищення надійності та стабільності виробництва в умовах змінних параметрів навколишнього середовища (зовнішніх факторів), а також досягнення максимальної енергетичної ефективності. Заради досягнення поставленої мети було досліджено та створено низку нових пристроїв та технологій [1]. Використання сонячних концентраторів дозволяє підвищити інтенсивність випромінювання, що надходить на фотоелектричні перетворювачі, збільшуючи кількість отримуваної від них електричної енергії. Проте використання концентраторів вимагає значного ускладнення конструкції, збільшення матеріаломісткості та витрат на виготовлення пристроїв, наявності додаткових засобів відведення тепла, а також досить точної орієнтації. До того ж, найбільш поширені кремнієві фотоелементи не розраховані на роботу в умовах концентрованого випромінювання, що вимагає використання значно дорожчих перетворювачів.

Використання активних систем стеження за сонцем дозволяє отримувати більшу кількість електричної енергії від фотоелектричних установок. Встановлено, що використання систем з частковою орієнтацією дозволяє збільшити добове вироблення електроенергії фотоелектричними установками на 25...30 %, а з повною орієнтацією до 35...40 %. Також підвищити продуктивність активних систем стеження можливо шляхом їх використання в комплексі з деякими типами сонячних концентраторів. Ще одним способом підвищення ефективності фотоелектричних установок є збільшення їх питомої потужності, шляхом використання багаторядних конструкцій, які дозволяють розміщувати модулі у кілька рядів на одній опорі. На значення величини енергетичних втрат, що виникають внаслідок затінення нижніх рядів, основний вплив має варіант розташування фотоелектричних модулів (горизонтальний, вертикальний) та різновид комутації (блоковий, рядний). За блокової комутації використовується менше електричних дротів, ніж при рядній, що позитивно позначається на ефективності передачі електроенергії від модулів до інверторів. Проте, у разі виникнення затінення, всі масиви модулів, крім першого ряду, працюють в умовах часткового потрапляння світла (півтінь). Крім того, вхідний діапазон напруг інвертора може бути вищим за діапазон напруг поблизу точки максимальної потужності таких масивів, внаслідок чого відбір енергії від них здійснюватиметься в неоптимальному режимі.

Використання шунтуючих діодів є обов'язковою умовою для надійної роботи фотоелектричних установок, однак вони не здатні вирішити вагомі проблеми, що виникають в умовах нерівномірної освітленості: відключення досить великої групи сонячних елементів, зниження напруги в точці максимальної потужності всього масиву. З метою усунення зазначених недоліків пропонується використовувати індивідуальні узгоджувальні перетворювачі та мікроінвертори, що встановлюються на кожному фотоелектричному модулі. Застосування даних перетворювачів дає можливість встановлювати модулі практично на будь-якому майданчику та максимально використовувати всю доступну площу.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кожем'яко В. П., Маліновський В. І., Ярославський Я. І. Застосування технологій фотоелектричних перетворювачів в моделі інформаційних мереж із розподіленими джерелами енергії. Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2013. – № 2. С. 96–108.

АНАЛІЗ ВІТРОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТА ВІТРОГЕНЕРАТОРІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ  
МЕРЕЖ УКРАЇНИ

Леженін П. Д., магістр, e-mail: [plegenin@ukr.net](mailto:plegenin@ukr.net)  
Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.  
Державний біотехнологічний університет

Згідно «Енергетичної стратегії України на період до 2035 року» загальна частка поновлюваних джерел до 2035 року повинна скласти 25%. На кінець 2018 року сумарний обсяг виробництва електроенергії по країні досяг показника 154,414 млрд кВт год. При цьому частка електроенергії, поставленої з поновлюваних джерел - 2,086 млрд кВт год, або 1,47%.

Елементарний розрахунок показує: щоб забезпечити зростання обсягу виробленої електроенергії з ВДЕ до 38,85 млрд кВт год за 18 років, потрібно мати щорічний приріст її виробництва в 19,4%, рисунок 1.2. Тобто в кожному наступному році вироблення електроенергії з ВДЕ повинна перевищувати показник попереднього року на зазначену величину. [1, 2].

Українські вітропарки працюють на найсучасніших віротурбінах: Ботіївська, Новотроїцька ВЕС та ВЕС «Старий Самбір» побудовані на данських «Vestas», Очаківський та Причорноморський вітропарки – на турбінах FWT (Фурлендер Вінд Технолоджи), що виробляються у Краматорську на базі німецької ліцензійної технології W2E, перша в Одеській та в Запорізькій областях вітроелектростанції, які планують добудувати в цьому році, генеруватимуть електроенергію завдяки американським «General Electric».

Наразі за кількістю встановлених вітроенергетичних потужностей лідирують Запорізька, Миколаївська та Херсонські області, але перші вітропарки також з'являються в багатьох інших областях

Вітроенергетика освоює нові регіони України, бо на півдні вже проблемно підключитися до електромереж, там спостерігається надлишок електроенергії, виняток становить Одеська область, де планом на десять років передбачено додаткове підключення потужностей [3].

Згідно з дослідженням вітроенергетичного потенціалу сходу, центру та півдня України, яке проводилося Інститутом сталого розвитку спільно з німецьким холдингом WSB Green Energy протягом 2 років, у Харківській, Дніпропетровській та на південно-сході Черкаської областей середні швидкості вітру на висоті 100 м сягають 7,8 м/с. Для порівняння: південні області, особливо на Чорноморському узбережжі, мають швидкості вітру 8,7-10,2 м/с. Такі дані були отримані завдяки 25 моніторинговим пунктам, які були змонтовані або на баштах телекомунікаційних систем, або на окремо встановлених моніторингових вежах.

Висновки. В майбутньому вітроенергетика стане одним із ключових секторів електроенергетики. У наступному десятилітті її частка у виробленні європейської електрики майже подвоїться і стане основним виробником електроенергії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Булова Н. В., Федоренко К. Д. Порівняльний аналіз ефективності роботи вітрової енергетики у провідних країнах світу та Україні. Міжнародний науковий технічний журнал «Освіта і наука без обмежень» (07-15 грудня 2018, м. Перемишль). Перемишль, 2018. 41с.
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р.
3. Francisco M. Gonzalez-Longatt, José Luis Rueda, «PowerFactory Applications for Power System Analysis», pp. 489, December 2014.

УДК 621.380.

## ФОТОЕЛЕКТРИЧНА СИСТЕМА АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ

Литвин Ю. С., студент, e-mail: [yuriy.lytvyn@gmail.com](mailto:yuriy.lytvyn@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Радько І. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

З кожним роком питання впровадження систем альтернативного енергозабезпечення на державному та місцевому рівнях стають все актуальнішими у розрізі світових енергетичних проблем, конфліктів, аварій та погіршення стану навколишнього природного середовища. Використання на місцевому рівні альтернативних джерел енергії є однією з вагомих умов збереження довкілля, переходу до сталого розвитку регіону. Діючи локально, можна побачити результати на глобальному рівні. В цьому полягає актуальність даної роботи

Основною метою даної роботи є провести заміну електроенергії, що постачається мережами, на живлення за рахунок сонячних батарей. Воно досягається шляхом відповідного вибору потужності фотоелектричної енергосистеми, яка здатна покрити максимальні енергозатрати господарства і виключити необхідність живлення від зовнішньої електромережі.

У роботі обґрунтовується і пропонується сумісне застосування теплового колектора та сонячних панелей для забезпечення живлення електричних елементів системи гарячого водопостачання. Тобто пропонується встановлення і теплових колекторів і фотоелектричних панелей на даху будинка. В результаті проведеної роботи був змодельований комплекс, що складається із 6 сонячних батарей сумарною номінальною потужністю 1380 Вт, 5 акумуляторних батарей загальною ємністю 500 А·год, контролера з вихідною силою струму 50 А та інвертора потужністю 2000 Вт.

Розроблена автоматизована схема системи моніторингу параметрів режиму роботи сонячної панелі. Зібрані аналогові дані будуть оброблені та оцифровані контролером ІОІО ОТG. Цифрові дані будуть передані на смартфон (Android), де вони буде зберігатися в базі даних SQLite. Смартфон (Android) також буде працювати як сервер, і збережені дані будуть доступні через Internet.

У роботі розглянуто електричну частину сонячної електростанції потужністю 2 кВт та її роботу в електричній мережі.

В результаті проведеної роботи був змодельований такий комплекс, що складається із 6 сонячних батарей сумарною номінальною потужністю 1380 Вт, 5 акумуляторних батарей загальною ємністю 500 А·год, контролера з вихідною силою струму 50 А та інвертора потужністю 2000 Вт.

Досліджена економічна складова пропозиції. Сонячні батареї та устаткування до них є рентабельними для використання у кліматичних умовах Слобода-Бушанського району і окупають себе приблизно за 6 років із запасом подальшої експлуатації 15-20 років.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Волков С.А. Вінниччина продовжує займати лідируючі позиції серед областей України у сфері відновлювальної енергетики / С.А. Волков [Електронний ресурс] 05.02.2018  
Режим доступу: <http://www.vin.gov.ua/dep-zhkh/8512-vinnychchyna-prodovzhuie-zaimaty-lidyruichi-pozytsii-sered-oblastei-ukrainy-u-sferi-vidnovliuvalnoi-enerhetyky>
2. Залучення сонячних та вітрових електростанцій до покриття навантаження ОЕС України [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/04/Zaluchennya-VDE.pdf>

Гідроенергетика – це сукупність природних і штучних систем, призначених для перетворення енергії водного потоку в електричну енергію. Це гідроелектростанції, на яких відбувається виробництво електроенергії шляхом використання енергії водного потоку, а також природні і штучні об'єкти – річки, греблі, водосховища, підвідні канали та трубопроводи тощо. За допомогою річкових дамб штучно створюється перепад рівнів водяної поверхні. Під дією сили тяжіння вода тече зверху вниз по спеціальних каналах з водяними колесами. Лопаті турбін розкручуються водяним потоком і механічна енергія, таким чином, передається на гідрогенератор, який і виробляє електроенергію [1].

Враховуючи тенденції, викладені в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року, та керуючись Програмою розвитку гідроенергетики на період до 2026 року, ПрАТ «Укргідроенерго» визначено необхідність реалізації інвестиційних проєктів стосовно ГЕС і ГАЕС.

Події, що відбуваються в Україні з 24 лютого 2022 не залишило осторонь і українську гідроенергетику. Вона також потрапила під удар війни – окупанти захопили Каховську ГЕС, намагалися захопити Київську.

Щодо Каховської ГЕС, то наразі станція працює трьома агрегатами із шести — це 30–40% потужності. Оскільки Каховська ГЕС розташована на тимчасово окупованій території, вона не може використовуватися для балансування енергосистеми та надавати допоміжні послуги. Однак на сьогодні Каховська ГЕС працює згідно з добовими графіками виробництва електроенергії. [3].

До 24 лютого 2022 головним чинним документ державного значення, який передбачає етапи і темпи розвитку малої гідроенергетики в країні була Енергетична стратегія України на період до 2035 року. У відповідні її розділи закладено необхідність розв'язання таких першочергових завдань: реконструкція і модернізація наявних МГЕС, відновлення станцій зі збереженими гідропоруками, будівництво нових станцій на річках Тиса, Дністер та будівництво децентралізованих нових МГЕС на малих водотоках для підвищення надійності та якості електрозабезпечення споживачів, віддалених від генеруючих об'єктів великої енергетики. Усе це сприятиме підвищенню маневрових можливостей ОЕС України для забезпечення повноцінної паралельної роботи з Європейським енергетичним об'єднанням USTE. Адже МГЕС західних областей, за словами фахівців Асоціації «Гідроенергетика України», мають найвищу режимну чутливість до регулювання міждержавних експортних і транзитних потоків електроенергії в Європу [2].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гідроенергетика. *Укргідроенерго*: веб-сайт. URL: <https://uhe.gov.ua/diyalnist/gidroenergetika>
2. Мала гідроенергетика — потужний потенціал України. *Урядовий Кур'єр*: веб-сайт. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/mala-gidroenergetika-potuzhnij-potencial-ukrayini/>
3. Українська гідроенергетика в умовах війни та рекордного маловоддя: виклики та ризики. *ZN.ua*: веб-сайт. URL: [https://zn.ua/ukr/energy\\_market/ukrajinska-hidroenerhetika-v-umovakh-vijni-ta-rekordnoho-malovoddja-vikliki-ta-riziki.html](https://zn.ua/ukr/energy_market/ukrajinska-hidroenerhetika-v-umovakh-vijni-ta-rekordnoho-malovoddja-vikliki-ta-riziki.html)

## КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВІТРОЕНЕРГОУСТАНОВКИ

Марущак Р. Р., магістрант, e-mail: [oceanalex@gmail.com](mailto:oceanalex@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Козак О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Багато завдань, з якими доводиться нині стикатися дослідникам і інженерам, не піддаються аналітичному рішенню або вимагають величезних витрат на експериментальну реалізацію. Частенько єдиною можливістю експресного аналізу інженерної проблеми є комп'ютерне математичне моделювання. Розробка методики комп'ютерного моделювання роботи вітроенергоустановок і розрахунок обтікання і основних аеродинамічних сил і моментів, що виникають на однороторній і двухроторою ветроустановке при обдуванні її вітровим потоком.

Об'єкт моделювання є вітроустановка з одним вітроколесом контр обертянням. Зовнішні аеродинамічні обводи представлені профільованими лопатями, розташованими на горизонтальній осі ротора в протилежному напрямі, гондолою і щоглою. Проведемо повний комплекс високопродуктивних обчислень (НРС), що включає обробку креслень і побудову тривимірної твердотілою CAD - моделі вітроустановки з контр обертянням. Геометрія і основні конструктивні параметри були задані пакетом тривимірних креслень у форматі parasolid і декількома загальними виглядами.

Нижче представлені зображення фрагмента повної твердотілої CAD - моделі однороторної вітроустановки (ротор з трьома лопатями, гондола, конусоподібна вежа див. рисунок 1) і окремої профільованої лопаті з криволінійною задньою кромкою відповідно до рисунку 2.

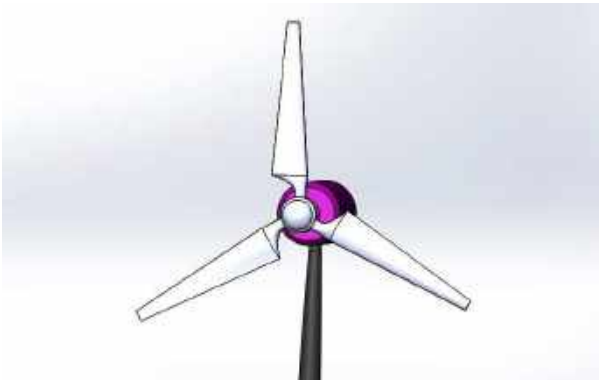


Рисунок 1 – Повна CAD-модель однороторної ВЕУ

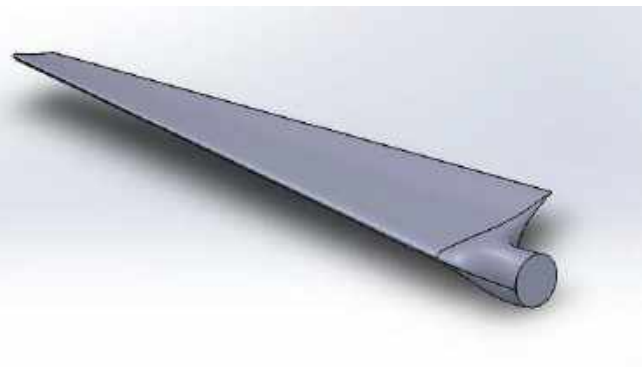


Рисунок 2 – CAD-модель лопаті ВЕУ

Більшість провідних компаній світу використовують продукти лінійки ANSYS. В комплексах представлений найбільш широкий спектр сучасних фізичних моделей, а також існує можливість проводити мультидисциплінарні розрахунки у рамках інтегруючого середовища ANSYS Workbench.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Sorensen Bent. History of and recent progress in, wind-energy utilization //Annu. Rev. Energy Environ. - 1995. - 387-424 p.
2. <http://www.cadfem-cis.ua/products/ansys/> - Програмний продукт ANSYS для розв'язання задач обчислювальної гідродинаміки.
3. [http://www.uwea.com.ua/files/Half-year\\_report\\_2013.pdf](http://www.uwea.com.ua/files/Half-year_report_2013.pdf) - The World Wind Energy Association, 2013 - Half-year Report.



## ВИКОРИСТАННЯ РЕГРЕСІЙНОГО АНАЛІЗУ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ ГЕНЕРАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Мельник А. Р., магістерка, e-mail: [annamelnik241@gmail.com](mailto:annamelnik241@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Стрімкий розвиток сонячної енергетики в Україні вимагає для забезпечення надійних режимів роботи енергетичної системи підвищення точності прогнозування генерації електричної енергії сонячними електростанціями (СЕС) оскільки встановлена потужність СЕС складає більше 10 % від встановленої потужності об'єднаної енергетичної системи, а частка генерації електричної енергії СЕС складає понад 80 % ВДЕ України 80% [1]. Особливістю роботи СЕС є їх стохастичний режим роботи, який залежить від погодних умов, особливо від хмарності та від положення сонця відносно горизонту [2].

Для дослідження впливу природних факторів на генерацію електричної енергії СЕС та прогнозування її роботи проводився багатофакторний регресійний аналіз (РА) за допомогою MS Excel [3]. Для аналізу використовувались дані генерації СЕС потужністю 2,4 МВт, яка розміщена біля м. Мерефа. Попередній аналіз даних генерації показав, що найбільш значимими є два фактори: кут сонця над горизонтом та хмарність.

За результатами обробки статистичних даних генерації електричної енергії СЕС у першій половині вересня 2020 року, для даних з 9 до 13 години отримано таке рівняння апроксимуючої прямої:

$$y = -44,5958 + 44,937*x_1 - 8,822*x_2, \quad (1)$$

а для даних з 13 до 17 години таке рівняння:

$$y = 120,54 + 41,5*x_1 - 10,8676*x_2, \quad (2)$$

де  $x_1$  – середньогодинний кут сонця, град.;

$x_2$  – хмарність, %.

Відсоток абсолютних відхилень прогнозних і реальних даних за період спостережень у першому періоді часу склав 9,2%, а у другому – 9,1%. У першому періоді часу у 47% похибка прогнозних даних не перевищували 5%, а у другому випадку у 40%.

Достовірність прогнозу підтверджується коефіцієнтом множинної детермінації  $r_2$ , у перший період часу  $r_{21} = 0,835$ , а у другий –  $r_{22} = 0,821$ .

При аналізі генерації СЕС із хмарністю від 0 до 50% для періоду часу з 9 до 13 годин було отримано таке рівняння апроксимуючої прямої:

$$y = -202,318 + 48,9*x_1 - 6,92*x_2. \quad (3)$$

а для даних з 13 до 17 години таке рівняння:

$$y = 196,6 + 37,887*x_1 - 8,756*x_2. \quad (4)$$

Відсоток абсолютних відхилень прогнозних і реальних даних при хмарності менше 50% за період спостережень у першому періоді часу склав 5%, а у другому – 7%. У першому періоді часу у 57% похибка прогнозних даних не перевищувала 5%, а у другому випадку – у 40%. Достовірність прогнозу при хмарності до 50% збільшилась, так у перший період часу коефіцієнт множинної детермінації  $r_{21} = 0,957$ , а у другий –  $r_{22} = 0,896$ .

Таким чином отримані рівняння доволі точно прогнозують генерацію СЕС 2,4 МВт.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Встановлена потужність енергосистеми України. – URL: <https://cutt.ly/MjWGW4N>.
2. Andriy Pavlov; Oleksandr Moroz; Oleksandr Miroshnyk; Anton Mishyn; Denys Myrhorod; Volodymyr Pazyu. Forecasting of SPP Generation at Different Stages of its Existence Using the Example of the 2.3 MW Plant in the Kharkiv Region of Ukraine // 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System (MEES) (Kremenchuk, Ukraine) – 2022. 10.1109/MEES58014.2022.10005752.

## ПРИЧИНИ ЗНИЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ НАСОСНИХ АГРЕГАТИВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ

Медведєв В. О., магістр, e-mail: [medvedevv978@gmail.com](mailto:medvedevv978@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Насосне обладнання широко використовується в різних галузях діяльності, внаслідок чого вони споживають біля 20% електричної енергії, що виробляється в Україні [1], тому визначення шляхів зменшення споживання електричної енергії насосами є актуальним питанням підвищення енергоефективності виробництва.

Основними причинами зниження ефективності роботи насосних агрегатів (НА) під час експлуатації є [2]: 1) Робота насосів в режимі неповного завантаження; 2) Погіршення напірних характеристик і зниження к.к.д насосів. Зміна даних характеристик характерне для насосів, які експлуатуються тривалий час, а також для випадків перекачування рідини з підвищеним вмістом твердих частинок. Зменшення значення к.к.д може досягати 10%; 3) Дросельне регулювання подачі. Дроселювання дозволяє зменшити подачу рідини  $Q$  в трубопроводі, але одночасно відбувається зниження к.к.д НА, що підвищує додаткові енерговитрати; 4) Недостатня кількість інформації щодо технічного стану обладнання НС; 5) Кавітаційні режими які спричиняють додаткову вібрацію обертових елементів та зменшенням ефективності роботи НА.

Основними шляхами підвищення енергоефективності НА є такі способи: 1) Підвищення к.к.д. насосного обладнання; 2) Оптимізація технологічних режимів перекачування рідини; 3) Застосування регульованого електроприводу (ЕП); 4) Встановлення енергоефективних насосів та електричних двигунів.

Використання регульованого ЕП дає змогу забезпечити роботу насосів у зоні максимальних к.к.д., проте він має суттєві недоліки: висока вартість перетворювачів частоти та необхідність оплати праці фахівців з обслуговування частотно-керованого ЕП. Для забезпечення довговічності, технічного ресурсу, нормованих значень параметрів НА на НС проводять регламентне обслуговування та регламентні роботи відповідно до вимог, експлуатаційних документів на насоси, двигуни та їхні елементи. Регламентні роботи є видом періодичного технічного обслуговування і проводяться з метою поглибленої перевірки технічного стану НА і приведення його технічних характеристик у відповідність до вимог.

Система планово-попереджувальних ремонтів, яка регламентує терміни та об'єми ремонтних робіт, має багато недоліків. Для зменшення витрат на технічне обслуговування і ремонт обладнання більш ефективним є застосування підходу, який базується на результатах контролю і оцінки фактичного технічного стану обладнання НС. Ефективність такої системи полягає в тому, що терміни виведення в ремонт і об'єми робіт призначаються індивідуально для кожного агрегата шляхом діагностування параметрів їхнього стану. Тобто елемент замінять, лише тоді, коли значення прогнозованого параметра НА наблизиться до граничного рівня. Впровадження методу заміни за технічним станом забезпечить збільшення значення середнього напрацювання деталей і вузлів між замінами та зменшення питомих затрат на технічне обслуговування і відновлення працездатності.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання : монографія / В. В. Грабко, М. М. Мошноріз. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 138 с. URL: <https://cutt.us/j8a4i>.

2. Яремак І.І., Бацала Я.В., Яремак Р.О. Оцінка потенціалу енергоефективності електроприводних насосних агрегатів в усталених режимах роботи. Нафтогазова енергетика 2021. №2(36), с. 88-97. DOI: [https://doi.org/10.31471/1993-9868-2021-2\(36\)-88-97](https://doi.org/10.31471/1993-9868-2021-2(36)-88-97) . URL: <https://cutt.us/FpXSe>.

## АНАЛІЗ ВІДХИЛЕНЬ ПРОГНОЗНИХ ТА ФАКТИЧНИХ ДАНИХ ГЕНЕРАЦІЇ СЕС, ЯКІ ВХОДЯТЬ ДО БАЛАНСУЮЧОЇ ГРУПИ ВИРОБНИКІВ ЗА «ЗЕЛЕНИМ» ТАРИФОМ

Мотайло М. С., магістр, e-mail: [maksim.motaylo@gmail.com](mailto:maksim.motaylo@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

В останні роки в Україні спостерігається стрімке зростання генерації електричної енергії (ЕЕ) від альтернативних джерел енергії, особливо значно збільшилась встановлена потужність сонячних електростанцій (СЕС), так на кінець 2021 року частка потужностей СЕС у загальній встановленій потужності об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України складала 10,09 %, а у потужності обладнання відновлювальних джерел енергії – 78,74 %. Особливістю генерації СЕС є їх стохастичний характер, тому для підтримання балансової стабільності ОЕС України власники СЕС повинні надавати прогнози генерації. У відповідності з постановою НКРЕКП № 641 від 26.04.2019 Про Порядок купівлі електричної енергії за «зеленим» тарифом [1] «Виробники за «зеленим» тарифом до 09:00 за день до торгового дня надають гарантованому покупцю погодинні добові графіки відпуску ЕЕ. У разі відхилення фактичних погодинних обсягів відпуску ЕЕ СЕС від погодинного графіка відпуску більше як на 5 % [2], суб'єкти господарювання відшкодовують державному підприємству «Гарантований покупець» (ДП ГП) вартість врегулювання небалансу. На основі даних ДП ГП [3] щодо генерації СЕС був проведений помісячний аналіз прогнозних та фактичних даних генерації за 2021 та 2022 роки. Результати аналізу приведені на рис. 1.

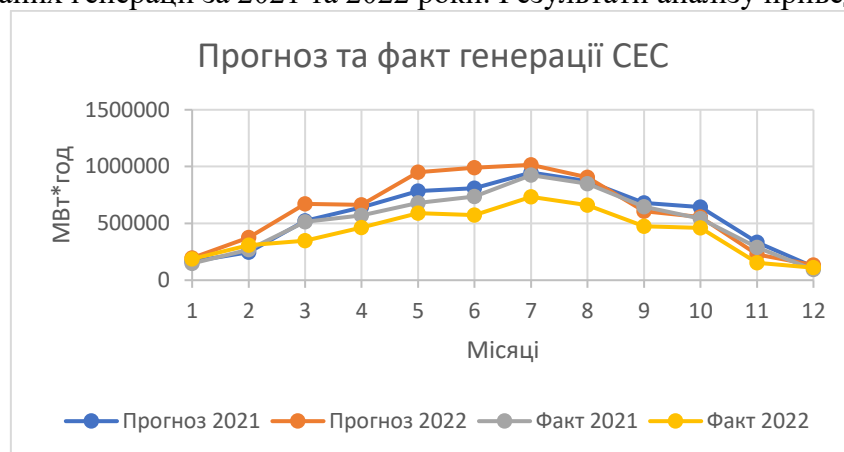


Рисунок 1 – Прогнозні та фактичні дані генерації СЕС, які входять до балансуючої групи ДП ГП

Як видно з графіків прогнозні і фактичні дані генерації у 2021 році мали відносно невеликі відхилення, найбільше відхилення спостерігалось у травні і складало 15,3 %. У 2022 році спостерігається значне відхилення прогнозних даних від фактичних, так у червні відхилення складало 72,6 %, що пояснюється значними руйнуваннями СЕС від ракетних ударів військ РФ та погіршення прогнозних даних. Таке відхилення негативно впливає на роботу ОЕС України.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Постанова НКРЕКП № 641 від 26.04.2019 Порядок купівлі електричної енергії за «зеленим» тарифом. Документ v2802874-19, чинний, поточна редакція – Прийняття від 13.12.2019. URL: <https://cutt.us/NRsO6>.
2. Закон України «Про ринок електричної енергії». Документ 2019-VIII, чинний, поточна редакція – Редакція від 23.03.2023, підстава - 2956-IX. URL: <https://cutt.us/kBAmr>.
3. ДП Гарантований покупець. URL: <https://www.gpee.com.ua/#section-official-info>.

ВПЛИВ ВЗАЄМНОГО ЗАТІНЕННЯ РЯДІВ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ МОДУЛІВ  
НА ГЕНЕРАЦІЮ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ СЕСПавлов А. О., аспірант, e-mail: [andriy\\_pavlov@me.com](mailto:andriy_pavlov@me.com)Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Етапу будівництва сонячної електростанції (СЕС) передують техніко-економічне обґрунтування (ТЕО), яке дозволяє оцінити витрати на будівництво та експлуатацію станції, а також прогнозовані об'єми генерації електричної енергії і відповідно прогнозовані доходи від реалізації електричної енергії при розміщенні певної кількості фотоелектричних модулів (ФЕМ) на певній площі [1]. Великі СЕС складаються із масивів ФЕМ, які розміщені рядами, що мають значний вплив на кількість випромінювання, яке попадає на поверхню модулів, внаслідок того, що передні ряди створюють тінь на задні ряди, а також зменшують частину дифузної радіації. Рекомендованою відстанню між рядами є відстань при якій відсутнє затінення між 10:00 ранку та 14:00 у день зимового сонцестояння, що є компромісом між міжрядним затіненням та шириною рядів [2]. Розрахункова відстань між рядами ФЕМ залежить від висоти розміщення верхньої частини модулів, що в свою чергу залежить від висоти розміщення нижньої частини модулів над поверхнею землі, довжини модулів, їх кута нахилу до горизонту та кута сонця над горизонтом.

При прогнозуванні генерації в різних програмних середовищах, наприклад, PVGIS [3], визначається оптимальний кут нахилу поверхні ФЕМ при якому річна генерація СЕС буде максимальною, але при цьому не враховується ефект від взаємного затінення рядів модулів. Потік сонячної радіації, що попадає на поверхню ФЕМ, нахилена під кутом до горизонту складається із трьох складових: прямі сонячні промені, дифузне опромінення та опромінення відбите від поверхні землі і оточуючих конструкцій. Ефект затінення ФЕМ спостерігається при прямій сонячній радіації, а при відсутності попадання прямих сонячних променів на поверхню ФЕМ (хмарна або частково хмарна погода) такий ефект відсутній.

Вплив затінення на генерацію СЕС є важливим питанням при складанні прогнозів генерації, оскільки похибка в прогнозах призводить до нарахування штрафів за небаланси. Дослідження впливу затінення ФЕМ на генерацію було проведено на СЕС піковою потужністю 2,4 МВт, яка розміщена біля м. Мерефа Харківської області. ФЕМ станції розміщені у 24 ряди різної довжини, азимут розміщення поверхні модулів  $180^{\circ}$ , граничний кут затінення модулів  $13,6^{\circ}$ . Враховуючи кут затінення ФЕМ було визначено, що 22 грудня затінення модулів відбувається до 10.00 та після 13.10. За положенням сонця над горизонтом для 22 червня затінення модулів не повинно було б відбуватися після 5.10 та до 18.05, але в цих випадках необхідно враховувати азимут сонця. При азимуті сонця менше  $90^{\circ}$  або більше  $270^{\circ}$  сонце буде знаходитися з тильної сторони модулів і попадання прямих сонячних променів на поверхню ФЕМ 22 червня можливе тільки з 7.00 і до 16.07, що значно відрізняється від розрахункового часу затінення за кутом сонця над горизонтом. Таким чином при прогнозуванні генерації електричної енергії СЕС необхідно враховувати не тільки затінення ФЕМ передніми рядами, але і азимут сонця відносно поверхні модулів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Етапи та задачі техніко-економічного обґрунтування будівництва СЕС / Мороз О.М., Мірошник О.О., Павлов А.О., Ганус О.І. // Енергетика і автоматика, 2019, № 6. – С. 43-54. URL: <https://cutt.ly/CZmGukf>.

2. Kafka, J., & Miller, M. A. (2020). The dual angle solar harvest (DASH) method: An alternative method for organizing large solar panel arrays that optimizes incident solar energy in conjunction with land use. *Renewable Energy*, 155, 531–546. URL: <https://sci-hub.se/10.1016/j.renene.2020.03.025>.

3. Photovoltaic geographical information system. URL: <https://cutt.us/GtmPg>.

ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ МЕТОДІВ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ  
ДЛЯ ГОДОВУВАННЯ СВИНЕЙ НА СВИНОФЕРМАХ З ПОДАЛЬШИМ  
ВИКОРИСТАННЯМ ГНОЮ В БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК.

Паровий І. Л., студент, e-mail: [oleg.gorbovuy@gmail.com](mailto:oleg.gorbovuy@gmail.com)

Науковий керівник: Горбовий О. В., магістр, асистент

Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

Як свідчать результати численних досліджень та світовий досвід, саме повноцінна годівля сільськогосподарських тварин, яка базується на науково обґрунтованих нормативах, є запорукою максимальної реалізації генетичного потенціалу, високої продуктивності, здоров'я і збереження поголів'я, нормалізації його відтворної здатності, а також раціонального використання кормових ресурсів і ефективної оплати корму високоякісною продукцією. Не підлягає ніякому сумніву й не потребує будь-якого додаткового обґрунтування постулат, що без забезпечення тварин повноцінними кормами у необхідній кількості не може вестися й мови про підвищення продуктивності тварин до рівня рентабельного виробництва продукції. Особливо це стосується галузі свинарства. Як відомо, одне з найголовніших завдань кормовиробництва у годівлі свиней займає технологія підготовки кормів до згодовування. Останнім часом в Україні у галузі свинарства широкого розповсюдження набула технологія виробництва гомогенізованих кормів за допомогою агрегатів серії АКГСМ. Унікальність процесу гомогенізації криється за сукупністю фізичних процесів, що створюються в основному робочому органі агрегату – гідромлині, за рахунок чого відбувається перетворення зернової суміші у водному серед. на драглеподібну масу.

У результаті проведеного науково-господарського дослідження дослідниками було встановлено, що кращими відгодівельними якостями відзначалися підсвинки другої дослідної групи. Цей показник знаходиться не в прямій залежності від методу підготовки корму до згодовування (сухе подрібнення, зволоження та гомогенізація). Показники співвідношення тканин у тушах піддослідних тварин залишалися на одному рівні. Показники співвідношення тканин у тушах піддослідних тварин залишалися на одному рівні.

Таблиця 1. Відгодівельні якості піддослідних свиней (n=14)

Групи	Середньодобовий приріст, г		Вік досягнення живої маси 100 кг, діб		Витрати кормів на 1 кг приросту, корм. од.	
	M±m	CV	M±m	CV	M±m	CV
II	594±22	13,69	236±3,4	5,36	4,6±0,1	10,61
III	665±13*	7,71	220±2,3**	3,98	4,3±0,1*	5,39
III	613±7	4,24	233±3,4	5,39	4,5±0,1	2,88

Примітка: \* –  $p \leq 0,01$ ; \*\* –  $p \leq 0,001$ .

Висновки: 1. Годівля свиней гомогенізованим кормом, порівняно з сухим та вологим, сприяє зростанню середньодобових приростів на 7,8-10,7 %, зменшенню віку досягнення тваринами живої маси 100 кг та витрат кормів на одиницю продукції, відповідно, на 6,0-7,3 % та 4,7-7,0 %. Маса парної туші свиней збільшується на 3,2-3,8 %, площа «м'язового вічка» та забійний вихід також збільшуються, в середньому, на 17,6-23,1 % і 2,1-2,5 % відповідно. 2. Такі показники м'ясної продуктивності свиней як довжина туші, товщина шпигу, маса задньої третини напівтуші та морфологічний склад туш знаходяться не в прямій залежності від методу підготовки корму до згодовування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Tryhuba, A., Bashynsky, O., Garasymchuk, I., Gorbovy, O., Vilchinska, D., Dubik, V. Research of the variable natural potential of the wind and energy energy in the northern strip of the ukrainian carpathians(2020) E3S Web of Conferences, 154, art. no. 06002.

2. Results of experimental research in separator dielectric aspiration channel / Olexiy Shokarev, Serhii Kiurchev, Oleksandr Shokarev, Anatolii Rud, Oleg Gorbovy // Engineering for Rural Developmentthis link is disabled, 2021, 20, pp. 1611–1616



ФУНКЦІЇ КОНТРОЛЕРА АМС-PLUS ДЛЯ АВТОМАТИЧНОГО КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ МІКРОКЛІМАТУ В ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Педоренко К. В., магістр, e-mail: [pedorenkok@gmail.com](mailto:pedorenkok@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Одним із важливих факторів впливу на життєдіяльність тварин та птиці, що вирощується на промислових підприємствах агропромислового комплексу є мікроклімат тваринницьких приміщень. Продуктивність тварин на 70...80 % залежить від годівлі та умов утримання і лише на 20...30 % - від їх генетичних можливостей. Через дію несприятливих умов мікроклімату у тварин знижується продуктивність на 15...30 %, збільшуються затрати кормів на одиницю продукції на 15...40 %, зростає захворюваність та загибель молодняку на 15...35 % [1]. Так зниження температури в приміщенні негативно впливає на тварин, у них підвищується вразливість до захворювань та збільшується поїдання кормів. Висока температура, в свою чергу, спричиняє перегрів тварин, що є негативним фактором. Так, наприклад, утримання свиней в приміщеннях з низькою, або високою температурою, приводить до зменшення приросту ваги до 20 %. Оптимальною температурою повітря в приміщенні, де утримуються свині, вважається 23-25 °С. Основними факторами мікроклімату, крім температурного режиму, є відносна вологість повітря, швидкість його переміщення, хімічний склад, наявність пилу і шкідливих мікроорганізмів [2].

Для автоматичного контролю параметрів мікроклімату в тваринницьких приміщеннях застосовуються контролери. Так контролер АМС-PLUS [3] застосовується для контролю мікроклімату і для автоматичного управління освітленням по програмі на весь період росту тварин. Функціями контролера АМС-PLUS є забезпечення потрібного температурного режиму, вологості, а також потрібного рівня повітрообміну. Контроль мікроклімату здійснюється такими засобами: до 6 секції вентиляції, вбудований модуль плавного регулювання обертами вентиляторів, управління двома серводвигунами клапанів припливу повітря, релейний вихід для управління обігрівом, релейний вихід для підключення сирени, реле освітлення в режимі включення/виключення (для плавного регулювання освітленням використовується аналоговий вихід 0-10V). Блок управління також має можливість підключення 3-х датчиків температури (зовнішній і два внутрішніх), датчик вологості, два зворотних зв'язки від серводвигунів управління припливом повітря, модулі розширення плавного регулювання, модулі розширення релейних виходів, шина обміну даними CAN, роз'єм ETHERNET, яка дає можливість оновлення програмного забезпечення через INTERNET та логування даних мікроклімату і можливості перегляду історії. Управління кліматом здійснюється автоматичною програмою за допомогою кривих температури, вологості, живої ваги по заданим дням і рівнем мінімальної вентиляції на кілограм живої ваги. Знаючи кількість голів тварин, контролер вираховує мінімальний рівень вентиляції по мірі зростання живої ваги. Тобто забезпечується постійне збільшення обміну повітря для кожного дня росту.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Левченко І.С. Вплив факторів технологічного стресу на продуктивність сільськогосподарських тварин. Інтеграція освіти, науки та бізнесу в сучасному середовищі: зимові диспути: тези доп. І Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 6-7 лютого 2020 р. – Дніпро, 2020. – Т.2. – 571 с. С. 241-245. URL: <https://cutt.us/VQi2X>.

2. Хмельовський В.С. Забезпечення мікроклімату у свинарських приміщеннях. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. 13-15 квітня 2022 р. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 192 с. С. 88, 89. URL: <https://cutt.us/pAVNX>.

3. Система управління мікрокліматом у промислових приміщеннях. URL: <https://cutt.us/JhSU3>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТІ ГОДУВАННЯ КОРІВ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД НА  
ФЕРМАХ З ПОДАЛЬШИМ ВИКОРИСТАННЯМ ГНОЮ В БІОЕНЕРГЕТИЧНИХ  
УСТАНОВОК

Пиріг Д. М., студент, e-mail: [oleg.gorbovuy@gmail.com](mailto:oleg.gorbovuy@gmail.com)  
Науковий керівник: Горбовий О. В., магістр, асистент;  
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

Зимовий раціон великої рогатої худоби відрізняється від літнього, що пов'язано з використанням в цей період кілька інших видів кормів. Щоб корова не відчувала дефіциту у вітамінах та мікроелементах, необхідно правильно складати меню і враховувати основні рекомендації по годівлі, які будуть розглянуті в даній статті.

Харчування корови повинно бути різноманітним, щоб тварина не відчувало нестачі мікроелементів, було здоровим і активним. Дуже впливає різноманітність типів кормів на збільшення показників надою або набору маси. Існує кілька їх видів, характеристику яких необхідно розглянути докладніше.

Сіно в меню корови досягає половини від всіх споживаних продуктів, іноді навіть більше (в залежності від технології вирощування, а також від фізіологічних періодів деяких особин). Максимально живильним сіном для ВРХ є висушена суміш бобово-злакових рослин. Одному тварині в день дають не менше 10 кг сіна. Вигідна заготівля грубого корму - це сенажірованіе. Щоб приготувати сенаж, підв'ялених трава подрібнюється і утрамбовується в ємностях або траншеях, потім щільно закривається, щоб виключити потрапляння повітря. Сінаж хоршо зберігається, втрати поживної цінності мінімальні (не більше 12%). Одну тварину на добу має з'їдати близько 10 кг сенажу. Завдяки технологічним особливостям в приготуванні силосу, можна досягти максимального збереження вітамінно-мінерального комплексу в складі. При приготуванні силосу використовують будь-яку зелену масу (різні трави, кукурудзу, бобово-злакові рослини), до якої часто додають буряк і морква в подрібненому вигляді. ВРХ часто дають сиру картоплю, виключаючи гнилої, пліснявий або позеленілі. Щоб поліпшити поживність, бульби картоплі запарюють або піддають силосованню. Серед популярних концентратів для годування ВРХ виділяють зерно, хлібні крихти, макухи та шроти. Зерно має високу живильну цінність, тому часто використовується в раціоні харчування дійних тварин, завдяки чому можна збільшити кількість надоїв. Овес, ячмінь, пшеничні висівки містять велику кількість протеїну, вони досить дієтичні.

Поширені помилки годування в зимовий період: вміст у раціоні великої кількості концентратів, що збільшує кислотність і порушує мікрофлору кишечника (це тягне за собою погіршення процесів засвоєння вітамінів і призводить до бродіння їжі в організмі); виключення з раціону покупних вітамінно-мінеральних комплексів; недотримання режиму годування: в різні дні один і той же прийом їжі для корови здійснюють в різний час; різкий перекилад ВРХ з однієї їжі на іншу (це стосується переходу з зимового на весняний раціон харчування). Коли корову відразу починають випасати на луках, тварина починає споживати велику кількість трави, а такий різкий перехід дуже шкодить шлунку; відсутність регулярного вигулу тварин, що провокує сильно зниження апетиту. Падає імунітет.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дубік, В. М. Особливості генерації біогазу з твердих побутових відходів [Текст] / Дубік В. М., Горбовий О. В., Овчарук О. В. // Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. Міжнар. наук. Інтернет-конф. [м. Тернопіль, 20 листоп. 2019 р.] / редкол. : Andrzej Samborski, Marcin Niemiec, В. І. Овчарук [та ін.] ; ред. О. В. Овчарук, В. Я. Хоміна. - Тернопіль : ТНЕУ, 2019. - С. 97-100.

2. Results of experimental research in separator dielectric aspiration channel / Olexiy Shokarev, Serhii Kiurchev, Oleksandr Shokarev, Anatolii Rud, Oleg Gorbovy // Engineering for Rural Development [this link is disabled](#), 2021, 20, pp. 1611-1616

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
СОНЯЧНИХ УСТАНОВОКПопов О. А., магістр, e-mail: [popov@ukr.net](mailto:popov@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Савченко О. А.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. На даний час використання відновлюваних джерел енергії в Україні зростає, що відповідає загальносвітовій тенденції. Особливе значення має розвиток технологій прямого перетворення сонячного випромінювання в електричний струм, що реалізується в сонячних установках. В фотоелектричних модулях використовується тільки частина сонячної радіації. ККД широко розповсюджених кремнієвих фотоелектричних модулів має значення 14-19 %. Проблема більш повного використання енергії сонця вирішується шляхом інтеграції фотоелектричних панелей і сонячних колекторів в один технологічний пристрій – фотоелектричний тепловий модуль.

Мета досліджень. Підвищення ефективності використання сонячних установок за рахунок збільшення їх коефіцієнта корисної дії на основі застосування фотоелектричних теплових модулів.

Основні матеріали досліджень. У фотоелектричних панелях фотоелектричного теплового модуля частка СВ, що не бере участь в утворенні електроннодіркових пар і трансформується в тепло, становить значну величину. Потреби в енергії різних об'єктів приводять розроблювачів до необхідності створення ФЕТМ зі встановленими вимогами з потужності виробленого тепла й електрики і їхнього співвідношення. В залежності від необхідних технологічних вимог споживача, з урахуванням забезпечення необхідної температури теплоносія на виході з ФЕТМ, вироблено три основних режими його роботи:

- забезпечення максимально ефективного вироблення електроенергії;
- забезпечення максимально ефективного вироблення теплової енергії;
- забезпечення максимальної сумарної ефективності.

Нагрівання теплоносія за допомогою цього тепла дозволяє в таких установках підвищити ступінь використання сонячної радіації, підвищити енергетичний ККД установки, а також підвищити ефективність самих фотоелементів за рахунок зниження їх робочої температури. Запропонована схема роботи сонячної когенераційної установки на основі фотоелектричних теплових модулів забезпечує в порівнянні з установками з примусовою циркуляцією теплоносія підвищення ефективності виробництва електроенергії і зниження вартості установки. Розроблена математична модель фотоелектричного теплового модуля. Запропоновано механізм двокоординатного спостереження за положенням Сонця з одним електродвигуном, що дозволяє здійснити поворот панелі модулів як по горизонтальній, так і по вертикальній осі.

Висновки. Обґрунтовано технологічну схему сонячної когенераційної установки на основі фотоелектричних теплових модулів з розімкнутим контуром і дозованою подачею теплоносія, що дозволяє в порівнянні з установками з примусовою та природною циркуляцією підвищити ефективність виробництва електроенергії на 19 % за рахунок зниження споживання електроенергії на власні потреби.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145-р.

2. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Інститут електродинаміки НАН України – / [Кудря С. О., Яценко Л. В., Душина Г. П. та ін.] – К.: Видавництво Державного комітету України з енергозбереження, 2001. – 41 с.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕЛІОУСТАНОВОК  
У ФЕРМЕРСЬКИХ ГОСПОДАРСТВАХ

Радько І. В., студент, e-mail: [radkoivan2004@gmail.com](mailto:radkoivan2004@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Радько І. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Нова економічна та енергетична ситуація, в якій опинилася держава, потребує розробки та освоєння енергоощадних технологій та використання альтернативних джерел енергії. Застосування сонячної енергії є можливим в поодиноких, здебільшого південних районах, та й то лише в окремі пори року. Її застосування обмежується також відсутністю потрібного устаткування.

Тому останнім часом в Україні швидко набувають популярності установки з альтернативними джерелами енергії як серед індивідуальних користувачів, так і суб'єктів господарювання, а особливо у фермерських господарствах.

Сучасні високопродуктивні установки гарячого водопостачання, як правило, постачаються комплектно і монтуються виробниками «під ключ». Комплектні установки працюють в автоматичному режимі за маловідомим користувачу алгоритмом керування. Відтак він позбавлений можливості оцінювати ефективність роботи установки або порівнювати з іншими установками аналогічного класу.

В Україні широким загалом сільського населення досі не усвідомлено можливих вигод від впровадження сонячних технологій, зокрема, у фермерських господарствах. Відсутні й практичні навички монтажу та експлуатації сонячних установок. Але, зважаючи на достатньо високий освітній рівень сільської молоді та кваліфікацію працівників АПК, можна сподіватись швидкого надолуження втрачених позицій у цій області діяльності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія енергозбереження в Україні. Аналітично-довідкові матеріали: у 2-х томах / ред. В. А. Жовтянський, М. М. Кулик, Б. С. Стогній; НАН України, Інститут газу НАН України, Інститут загальної енергетики НАН України. – К.: Академперіодика, 2006 – Том 1: Загальні засади енергозбереження / А. Долінський, І. Карп, Ю. Корчевой та ін. – 2006. – 508 с.
2. Альтернативные источники энергии и энергосбережение. Практические конструкции по использованию энергии ветра, солнца, земли, воды, биомассы/ В. Германович, А. Турилин// Наука и техника, 2014. – 320 с.
3. Новые источники энергии, 9-е издание, Тула/ Фролов А.В.// 2017. – 219 с.
4. Альтернативные энергоносители/ М. В. Голицын, А. М. Голицын, Н. В. Пронина// Москва, Наука – 2004. – 159 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ОПАЛЕННЯ БЕЗ ВИКОРИСТАННЯ  
ТРАДИЦІЙНИХ ВИДІВ ПАЛИВА НА ПРИКЛАДІ ЕНЕРГІЇ ВИКИДНИХ ВОД ШАХТРибальченко Д. С., магістр, e-mail: [ruba1charmed@gmail.com](mailto:ruba1charmed@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Головка В. М.

Національний технічний університет України

Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського

Проблема заміни традиційних джерел енергії на альтернативні постає з все більшою актуальністю. Енергетична, екологічна криза, значне подорожчання традиційних видів палива та інші проблеми схиляють до якнайшвидшого їх врегулювання. Цим рішенням можуть стати альтернативні джерела енергії. Одним з таких проблемних традиційних видів палива є вугілля. На його ціну впливає застаріле гірничодобувне обладнання, виснажені вугленосні пласти, в яких щоб добути вугілля потрібно пробурювати свердловини на значно більшу глибину, що призводить до нерентабельності шахтних підприємств. Постає питання про закриття шахт, проте виникає загроза затоплення. Тому неробочі підприємства працюють тільки на відкачування води. Тепловий потенціал цієї води можливо використовувати для обігріву приміщень.

На Сході нашої країни розташований Донбаський вугільний басейн – місце концентрації гірничодобувних підприємств. Проте шахти піддаються закриттю, а все через їх нерентабельність та неприбутковість. Велику небезпеку становлять і вода, що циркулює в шахті, - вона повинна відкачуватись. Якщо цього не робити – всі токсичні речовини будуть потрапляти у підземні води, ґрунти, джерела, колодязі. Ці речовини – важкі метали, метан, загрожують не тільки екології, флорі й фауні, а й людині, бо саме з цих джерел беремо воду і ми. Наслідками затоплення шахт через 10-50 років стануть забруднення води, просідання ґрунтів, що унеможливило сільське господарство, виникнення земельних провалів у місцях з просівшими породами, вивільнення вибухонебезпечного газу метану. З першим наслідком населення стикається вже зараз. Тому нехтувати такою великою екологічною проблемою не можна і треба шукати вихід. Таким виходом може стати використання енергії викидних вод для теплофікаційних потреб.

Відкачування води - спільний технологічний процес і для працюючих, і для неробочих гірничодобувних підприємств, з якого можна отримати явну вигоду. В залежності від глибини прокладки свердловин, вода там має досить високі температури. Її тепловий потенціал можна використовувати для опалення будинків. Повністю втілити в життя цю ідею вдалося у Нідерландах, м. Герлен. На старій шахті було пробурено декілька свердловин глибиною 700м, де температура води сягала близько 30 градусів. Вона відкачувалась на поверхню, а за допомогою насоса підіймався її тепловий потенціал. Потім ця вода пускалась в тепломережу міста і використовувалась для обігріву. Після цього поверталась назад на глибину, щоб повторити весь цикл. Таким чином налагоджена циркуляція допомогла побудувати систему з варіантом альтернативного опалення без використання традиційних видів палива.

Отже, в перспективі післявоєнної відбудови, такий напрям може стати цікавим, бо дозволить зменшити використання традиційних видів палива для опалення, а отже буде йти на користь і екології, і енергетичній незалежності нашої країни.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Possibilities for using mine waters in the context of the construction of heat energy clusters.

[Електронний

ресурс]

–

Режим доступу:

[<https://energysustainsoc.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13705-019-0195-2>]





Процеси сушіння зерна характеризується значними енергетичними витратами, так для сушіння зерна харчового призначення витрачається теплоти понад 5000 кДж/кг вип. вологи, в сучасних та модернізованих сушарках витрати теплоти можуть складати біля 3500 – 4800 кДж/кг вип. вологи, а при сушінні насінневого зерна витрати збільшуються на 30 – 40% і вище [1]. Економія енергетичних ресурсів в процесах сушіння зерна може бути отримання внаслідок дослідження механізму внутрішнього переносу теплоти та вологи, а також впровадження заходів близьких до природних процесів сушіння насінневого зерна із запровадженням енергетично доцільних методів.

Вартість сушіння ( $P_{суш.}$ ) зернових культур складається з вартості палива ( $P_{пал.}$ ) та електроенергії ( $P_{елек.}$ ), затрат на його транспортування ( $P_{транс.}$ ) і зберігання ( $P_{зб.}$ ) та заробітної плати операторів ( $P_{зр.пл.}$ ) [2]:

$$P_{суш.} = P_{пал.} + P_{елек.} + P_{транс.} + P_{зб.} + P_{зр.пл.}$$

Складова вартості палива ( $P_{пал.}$ ) суттєво залежить від виду палива. Найбільш використовуваними видами палива на елеваторах для сушіння зернових є дизель, пропан-бутан, природний газ. Порівняльний аналіз затрат на різні види палива для сушіння зернових показав, що вартість пелет та несертифікованого палива (відходи очистки зерна) суттєво нижчі. Одним із напрямків підвищення енергоефективності процесів сушки зерна є використання альтернативних джерел енергії, сонячної енергії та енергії навколишнього середовища за допомогою теплових насосів. Витрати теплоти під час сушіння насінневих матеріалів із тепловим насосом при режимі сушіння 50°C становлять 3675 кДж/кг вип. вологи, що на 36% менше від витрат на традиційних сушильних установках. Схожість насіння ячменю, пшениці, вівса за умов сушіння в сушильному стенді з тепловим насосом за температури теплоносія 50°C становить 99–100% [3].

Іншим напрямком підвищення ефективності процесів сушки зерна є використання сонячних сушарок, яка складаються з сушильної камери та сонячного теплового повітряного колектора. Такі колектори працюють виключно на енергії сонця, продуваючи через сушильну камеру екологічно чисте тепле повітря, не забруднюючи при цьому продукти та навколишнє середовище. До комплексу сонячної сушарки входять такі елементи: сприймаюча панель з селективним покриттям, яка перетворює сонячну енергію в теплову; сонячний фотоелектричний модуль для генерування необхідної напруги, яка використовується для роботи вентиляторів системи подачі повітря, електронного модуля контролю температури і вологості та зарядки акумуляторів [4].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пазюк В. М. Енергоефективна сушка насіння зернових культур. Техніка, енергетика, транспорт АПК, № 3 (110) / 2020. – С. 64-70. DOI: 10.37128/2520-6168-2020-3-6.
2. Федорейко В. С., Загородній Р. І., Іскерський І. С. Економічний аспект диверсифікації джерел енергії на основі біоресурсних технологій / Матеріали VI Міжнародна науково-технічна та навчально-методична конференції «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'19». – С. 81,82. URL: <https://cutt.us/iRSSL>.
3. Пазюк В. М. Способи підвищення енергоефективності процесу сушіння насінневого зерна. DOI: 10.5281/zenodo.4369745. URL: <https://cutt.us/Vlkfs>.
4. Мусій Р. Й., Заборовський А. Б., Гальчак В. П., Железко О. П. Інноваційні сонячні сушарки на основі сонячних теплових повітряних колекторів. Одеська національна академія харчових технологій. – 2019. Наукові праці. – Т.83. – Вип.1. – С.117-121.

ВИКОРИСТАННЯ MATLAB/SIMULINK ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ СЕС  
ТА ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМСотнік О. В., аспірант, e-mail: [sidi.leha@gmail.com](mailto:sidi.leha@gmail.com)Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Зростання розвитку світової сонячної енергетики у 2022 році не має собі рівних серед інших технологій виробництва електроенергії. З понад 300 ГВт нових глобальних потужностей відновлюваної генерації електроенергії лише сонячна енергетика встановила більше потужностей, ніж усі інші технології відновлюваної енергії разом узяті, досягнувши позначки 56% [1]. В останні роки в Україні також спостерігається бурхливий розвиток сонячної енергетики, що пов'язано зі стимулюванням державою відновлювальної енергетики шляхом застосування «зелених» тарифів. Внаслідок стохастичного характеру генерації сонячними електростанціями (СЕС) важливим питанням є прогнозування генерації, а також прогнозування її споживання, тобто забезпечення умов підтримування енергетичного балансу в електричних системах.

Для отримання достовірної інформації, яка могла б бути використана на етапі проектування енергетичних систем з використанням СЕС доцільно скористуватися інструментами для моделювання та симуляції ситуацій різного рівня складності, такими як програмне середовище MatLab/Simulink [2]. При моделюванні електроспоживання за допомогою Simulink необхідно створити модель електричної системи, що відповідає реальній системі електроживлення. Це може бути зроблено шляхом створення блоків електричних компонентів (таких як генератори, трансформатори, розподільні панелі, електромережі тощо) та їх з'єднання відповідно до реальної схеми. Необхідно ввести параметри, що відповідають реальним умовам електроспоживання (напруга, потужність, часові інтервали). Після створення моделі системи та встановлення параметрів можна провести симуляцію для аналізу генерації та споживання в різних умовах. Simulink надає можливість аналізувати результати симуляції, такі як генерація і споживання електричних потужностей. Для отримання більш точних результатів треба враховувати фактори, які впливають на генерацію, такі як погода. Користування спеціальними блоками дозволяє моделювати фотоелектричний ефект, що лежить в основі роботи сонячних панелей [3]. Зокрема, можна використовувати блок "Photovoltaic Cell" для моделювання фотоелектричного ефекту, що відбувається в сонячних панелях, та блок "Solar Cell" для моделювання генерації електричної енергії сонячними панелями. Для правильного моделювання необхідно встановити параметри блоків, такі як ефективність конвертації, площу панелей, орієнтацію панелей відносно сонця, а також додаткові параметри, такі як стан неба, температуру панелей та інші фактори. Після налагодження параметрів можна провести симуляцію, щоб оцінити виробництво електроенергії СЕС в різних умовах. Також при налаштуванні параметрів споживання у електричній мережі можна отримати результати роботи СЕС з різним навантаженням.

Отже, програмне середовище MatLab/Simulink є актуальним інструментом для прогнозування генерації СЕС, споживання електроенергії та використання отриманих результатів моделювання дозволить забезпечити підвищення надійності енергетичних систем.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергетика сонячна – середньострокові перспективи 2022-2026. URL: <https://cutt.us/VjG6D>
2. Н. М. Гоблик. MATLAB в інженерних розрахунках. Комп'ютерний практикум. Навчальний посібник / Гоблик Н. М., Гоблик В. В. – Львів: Львівська політехніка, 2020. – 192с.
3. Лежнюк П.Д. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, І. О. Гунько – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 174 с. URL: <https://cutt.us/jER5S>.

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРИЧНИМИ  
СТАНЦІЯМИ ТА СИСТЕМАМИ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ ЗАСОБАМИ DIGSILENT  
POWERFACTORYСтельмаченко А. В., магістр, e-mail: [stelmachenko@ukr.net](mailto:stelmachenko@ukr.net)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Мірошник О. О.

Державний біотехнологічний університет

Світові тенденції розвитку енергетики свідчать про постійне зростання обсягів споживання електричної енергії та, як наслідок, необхідність постійного збільшення генеруючих потужностей. Крім того сучасна традиційна енергетика, заснована на видобувних технологіях, досягла того рівня, коли генерація стала дуже вуглецеємною і призводить до надмірного забруднення навколишнього середовища. У зв'язку з цим загострюються проблеми підвищення енергоефективності галузі, захист навколишнього середовища та збереження природних ресурсів. Більшість країн світу шляхом вирішення цих проблем обрали розвиток відновлювальної енергетики, заснованої на використанні відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) і ресурсів [1, 2].

Напрямок розвитку української енергетики, який визначений Енергетичною стратегією України на період до 2035 року, передбачає такі ж тенденції та пріоритети в розвитку енергетичної галузі, завдяки чому кількість та встановлена потужність вітрових електростанцій (ВЕС), сонячних електростанцій (СЕС), біопаливних електростанцій (БіоЕС), міні-, мікро- та малих гідроелектростанцій (МГЕС) поступово збільшується і витісняє старі електростанції з використанням вугілля, нафти, газу, збагаченого урану. Більшість проектів використання ВДЕ передбачають підключення до централізованої мережі з метою видачі надлишків генерованої потужності в енергосистему. При цьому слід враховувати той факт, що ВДЕ мають різноплановий вплив на роботу електричних мереж, який змінюється в залежності від потужності, типу, місця розташування та топології мережі. Це робить задачу дослідження режимів роботи електричних мереж з ВДЕ особливо актуальними і важливими для енергетики. В той же час на сьогоднішній день задачі аналізу особливостей підключення ВДЕ до електричних мереж з урахуванням особливостей роботи джерел енергії та специфіки будови і експлуатації мереж потребують особливої уваги, оскільки від їх вирішення залежить ефективність роботи енергосистем в цілому [3].

Для моделювання режимів роботи на сьогоднішній день досить широко використовується програмний продукт DIgSILENT PowerFactory. Програма PowerFactory, розроблена компанією DIgSILENT, є інженерним інструментом для аналізу промислових, передавальних і комерційних електричних систем. Назва DIgSILENT означає "Цифрова програма моделювання і розрахунку електричних мереж".

Висновки. Збільшення генерації СЕС та включення системи акумулювання енергії знижує втрати, покращує режим напруг в мережі. Перерозподіл потоків потужностей в мережі при цьому призводить до деякого збільшення сумарних втрат активної потужності при максимальній сумарній генерації. «PowerFactory» дає гнучкі можливості для аналізу режиму, дозволяє оцінити і зробити висновки для оптимізації роботи електричних систем.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кириленко О. В., Павловський В. В., Яндульський О. С. Керування режимом роботи електростанції з відновлюваними джерелами енергії в умовах зміни частоти в енергосистемі / Техн. Електродинаміка. -2012. – №4– 52–57 с.
2. Варецький Ю. О., Горбань В. М., Пазина Я. С. Зміни напруги в електричній мікромережі з гібридною електростанцією / Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Електроенергетичні і електромеханічні системи. - 2016. - № 840. - С. 17 - 23.
3. DIgSILENT PowerFactory. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://regimov.net/content.php/81-programm>.



## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ГЕНЕРАЦІЇ БІОГАЗУ З ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА.

Таранов С. А., студент, e-mail: [oleg.gorbovuy@gmail.com](mailto:oleg.gorbovuy@gmail.com)  
Науковий керівник: Горбовий О. В., магістр, асистент;  
Заклад вищої освіти "Подільський державний університет"

Переважаючим способом застосування біогазу є перетворення його на джерело теплове, механічній і електричній енергії. Проте великі біогазові установки можна використовувати для створення виробництв по отриманню цінних хімічних продуктів для сільського господарства. На біогазі можуть працювати газоспалюючі пристрої, що виробляють енергію, яка використовується для опалювання, освітлення, постачання цехів кормоприготувань, для роботи водонагрівачів, газових плит, інфрачервоних випромінювачів. Також біогаз може бути використаний як газове моторне паливо. Дослідження показують що у світі більше утворюється органічних відходів від 20 до 50%. Менше всього утворюється металевих відходів від 0 до 8%. Також діаграма показує, що в азійських містах практично не утворюється метал і скло, але більше утворюється органічних відходів. Біогаз складається з 55%-75 % метану, 25 %-45 % CO<sub>2</sub>, незначні домішки H<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub> і H<sub>2</sub>S. Біогаз має загальну кількість енергії 44кWh.

Сировиною для отримання біогазу є: органічні відходи: гній, зернова і меласна післяспиртова барда, пивна дробина, буряковий жом, фекальні опади, відходи рибного і забійного цеху (кров, жир, кишки, канига), трава, побутові відходи, відходи молокозаводу - лактоза, молочна сироватка, відходи виробництва біодизелю - технічний гліцерин від виробництва біодизелю з рапсу, відходи від виробництва соків - жом фруктовий, ягідний, виноградна вичавка, водорості, відходи виробництва крохмалю і патоки - мезга і сироп, відходи переробки картоплі, виробництва чіпсів - шкірки, гнилі бульби.

Частина твердих відходів, що містять вуглець і білок, переходить в газоподібний стан, в результаті значно знижуються маса і об'єм біорозчинних твердих органічних відходів. Оскільки відходи складаються і знаходяться на полігоні тривалий час, екосистема полігону являється динамічною, тобто змінюється в часі. При протіканні процесів гідролізу в тілі полігону відзначається підвищення температури. Для анаеробних умов характерна стадія розпаду продуктів гідролізу. При цьому можна виділити дві фази (стадії) — фаза I (кислотна) і фазу II (метаногенна).

Біогаз — це паливо майбутнього, яке може вирішити декілька проблем, пов'язаних з охороною довкілля і вичерпання запасів нафти. Оскільки у світі утворюється дуже багато твердих побутових відходів і споруджується більше полігонів для складування ТБО, те отримання і збір біогазу на полігонах є джерелом додаткового прибутку. Біогаз вирішує проблему з утилізацією біорозчинних відходів. Склад отриманого біогазу залежить від використовуваного субстрату і способу переробки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дубік, В. М. Особливості генерації біогазу з твердих побутових відходів [Текст] / Дубік В. М., Горбовий О. В., Овчарук О. В. // Сучасний стан науки в сільському господарстві та природокористуванні: теорія і практика: зб. тез доп. Міжнар. наук. Інтернет-конф. [м. Тернопіль, 20 листоп. 2019 р.] / редкол. : Andrzej Samborski, Marcin Niemiec, В. І. Овчарук [та ін.] ; ред. О. В. Овчарук, В. Я. Хоміна. - Тернопіль : ТНЕУ, 2019. - С. 97-100.

2. Results of experimental research in separator dielectric aspiration channel / Olexiy Shokarev, Serhii Kiurchev, Oleksandr Shokarev, Anatolii Rud, Oleg Gorbovy // Engineering for Rural Development [this link is disabled](#), 2021, 20, pp. 1611–1616



## СУЧАСНИЙ СТАН ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

Тоберт О. Ю., магістрант, e-mail: [tobert.sasha@gmail.com](mailto:tobert.sasha@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.,  
Державний біотехнологічний університет

Відновлювана енергетика є важливою енергетичною галуззю, роль якої в усьому світі з кожним роком все більше зростає. Розвиток відновлюваної енергетики має величезне значення з огляду на подальшу долю людства, оскільки горючі корисні копалини, що є основою виробництва енергії на початку 21 сторіччя, мають обмежені ресурси та поступово вичерпуються, а нетрадиційні джерела енергії – природні джерела (як сталі, наприклад, гідроенергія, так і періодичні – сонячна, вітрова, теплова енергія) стають актуальними і за рахунок сучасних технічних досягнень широко доступними [1].

Україна поставила собі за мету до 2035 року отримувати 25% свого загального енергетичного балансу з відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

Протягом останнього десятиріччя загальна потужність об'єктів відновлювальної енергетики зросла з 5 241 МВт у 2012 році до 14 921 МВт 313 у 2021 році, в тому числі сонячної енергетики з 372 МВт у 2012 до 7 331 МВт у 2021 році [2]. Частина об'єктів сонячної енергетики по відношенню до всіх об'єктів відновлювальної енергетики зросла з 7,1% у 2012 році до 54% у 2021 році.

Також слід відмітити, що найбільше зростання потужності об'єктів відновлювальної енергетики відбулось у 2019 році – на 63,5% в порівнянні з 2018 роком, в тому числі за рахунок сонячної енергетики на 52,8%.

Аналіз річного виробництва електроенергії з ВДЕ показує, що спостерігається стала тенденція до зростання з 11234 ГВт·год у 2012 р. до 17136 ГВт·год у 2020 р, в тому числі виробництво сонячної електроенергії збільшилось з 333 ГВт·год у 2012 р. до 7141 ГВт·год у 2020 р. [2].

На півдні України є п'ять основних регіонів, які мають найкращі вітрові ресурси та найвищу сонячну інсоляцію, де зосереджено близько 66% усієї відновлюваної генерації, а саме Херсонська, Миколаївська, Запорізька, Одеська та Дніпропетровська області. Лідуючі позиції за встановленими потужностями сонячних електростанцій займають Дніпропетровська та Миколаївська область – 1139 МВт та 909 МВт потужностей відповідно. Ліва частина «зелених» електростанцій зосереджена у Херсонській та Запорізькій областях [3].

Виходячи з вищесказаного, можна зазначити, що Україна досягла значних результатів у розвитку відновлювальної енергетики за останнє десятиріччя. Але через розв'язання рф війни проти України, більшість об'єктів ВДЕ перебуває під загрозою повної або часткової руйнації. Наразі частина станцій ВДЕ вже припинила свою роботу, там зафіксовані випадки знищення ліній електропередач, підстанцій, сонячних панелей, вітротурбін, електрообладнання станцій тощо. Щоб зменшити негативні наслідки війни на економіку України та забезпечити енергетичну незалежність країни, необхідно розробити ряд заходів щодо відновлення зруйнованих та пошкоджених об'єктів ВДЕ.

Як економічні, так і суспільні переваги розвитку ВДЕ є беззаперечними, а сьогодні перед Урядом України стоїть єдине завдання – зберегти тих національних та міжнародних інвесторів в ВДЕ, які вже інвестували в економіку України і забезпечити умови для їх подальшої бізнес-діяльності в післявоєнний період.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. Департамент відновлюваних джерел енергії . URL: <http://saee.gov.ua/>.
2. Renewable Energy Statistics 2022. International Renewable Energy Agency (IRENA). URL: <https://cutt.us/0ze8f>.
3. How Ukraine could be key to EU clean energy ambitions. URL: <https://cutt.us/RccMG>.

Енергетика є базовою галуззю економіки, яка забезпечує функціонування всіх інших галузей економіки країни. Динамічний розвиток, надійність роботи та висока ефективність енергетичної системи країни не можлива без використання інноваційних інформаційних технологій, зокрема Smart Grid, яка передбачає покращення умов оптимального керування режимами електроенергетичних систем та розвиток таких функціональних властивостей [1]: 1) Самовідновлення при зміні станів обладнання станцій, підстанцій та ліній електропередачі (ЛЕП) за рахунок діагностування станів в режимі реального часу; 2) Забезпечення надійності та якості електроенергії за рахунок диференціації послуг електропостачання з різними рівнями надійності і якості електропостачання за різною ціною, забезпечуючи в режимі реального часу моніторинг, діагностику швидку реакцію щодо зміни надійності і якості електропостачання; 3) Розвиток розподіленого генерування відновлювальних джерел енергії та систем акумуляування електроенергії; 4) Відкритий доступ до ринку централізованого і розподіленого генерування, розміщення розподілених джерел енергії ближче до споживачів.

Однією із частин концепції Smart Grid є ГІС-технології – технологічна основа створення географічних інформаційних систем. Провідні енергетичні компанії світу використовують ГІС-технології для інтелектуального аналізу енергосистем та бізнес-аналітики. Зокрема ГІС-технології забезпечують ефективний розв'язок таких задач [2]:

- подання й збереження в базі даних метричної і топологічної інформації про структуру мережі енергопостачання, лінії електропередачі, кабельні лінії, підстанції, кадастрові ділянки, інші об'єкти електроенергетики у вигляді картографічних матеріалів;
- візуалізацію мереж енергопостачання у вигляді дисплейних картосхем з можливістю інтерактивного запиту атрибутивної інформації за кожним елементом мережі;
- аналіз структури мережі на основі моделей і алгоритмів теорії графів.

Можливості ГІС-технологій мають значний потенціал вирішення проблеми багатоваріантності при проектуванні електричних систем. Завдяки принципу версійності, який реалізований в ГІС-технології, можна оперувати декількома варіантами (версіями) розвитку електричних системи одночасно на основі єдиної бази даних. Можливості ГІС також дозволяють спостерігати за майбутніми станами системи при внесенні змін до неї. При виборі майбутньої траси ЛЕП можна оцінити декілька сценаріїв та прийняти зважене рішення, використовуючи інформацію про землекористування вздовж майбутньої траси, кліматичні умови, наявність природних та антропогенних факторів тощо. Подібна оцінка також можлива при виборі ділянки для підстанції.

Проектування ЛЕП та підстанцій потребує такої інформації:

- картографічні матеріали;
  - відомості щодо існуючої забудови, підземних комунікацій, стану екології тощо;
  - плани землекористування в зоні траси ЛЕП;
  - топографічні карти населених пунктів у зоні проходження майбутніх ліній ЛЕП.
- Підготовка цих матеріалів суттєво спрощується з використанням ГІС-технологій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. П. Д. Лежнюк, О. А. Буславець. Smart Grid технології в електроенергетиці. URL: <https://cutt.us/ml2QO>.

2. В.І. Зацерковний, А.О. Ралко, Л.В. Тустановська. Геоінформаційні технології в задачах аналізу ефективності енергоспоживання. Т. 13, № 2. – 2017. С. 100 – 111. URL: <https://cutt.us/VBBhc>.

Одним із напрямків розвитку енергетики є альтернативні джерела енергії. Найперспективнішим напрямом є сонячна енергетика та використання її у побуті. Відповідно сучасним умовам розвитку ринку енергетики Україні така концепція є досить доцільною. Основною задачею на шляху розвитку сонячної енергетики є ефективності використання електромережах, які підлягають значній реформації [3].

Перетворення сонячної енергії в електричну здійснюється в фотоелектричних перетворювачах з використанням внутрішнього фотоефекту в неоднорідних напівпровідникових структурах під впливом сонячного випромінювання. Фотоефект має місце, коли фотон падає на елемент з двох матеріалів з різним типом електричної провідності. Потрапивши в такий матеріал, фотон вибиває електрон з його середовища, утворюючи вільний негативний заряд і «дірку». У результаті рівновага так званого р-п-переходу порушується і в колі виникає електричний струм. При послідовно-паралельних з'єднаннях сонячні елементи утворюють сонячну (фотоелектричну) батарею. На сонячних фотоелектричних станціях сонячні батареї використовуються для створення фотоелектричних генераторів. Фотоелектричні елементи виробляють за різними технологіями, ці технології впливають на кінцевий ККД елемента. На практиці ККД приблизно дорівнює 10 – 20 %.

Україна має придатну територію для розвитку систем електропостачання з використанням сонячної енергії. Перспективними регіонами для розвитку сонячної енергетики є центральна, південна та східна Україна. Середньорічна кількість сумарної енергії сонячного випромінювання, яка надходить щорічно на територію України, знаходиться в межах: від 1 070 кВт·год/м<sup>2</sup> в північній частині України до 1 400 кВт·год/м<sup>2</sup>.

Відповідно до діючого законодавства малі сонячні електростанції встановленою потужністю до 30 кВт можуть підключатися до промислової мережі з можливістю реалізації надлишку виробленої електроенергії постачаючим енергокомпаніям за спеціальним «зеленим тарифом», що сприяє виникненню нового напрямку розвитку енергетики – «Smart Grid». Найсуттєвішою ознакою Smart Grid є наявність двоспрямованого енергетичного потоку в елементах системи електропостачання. Функціонування Smart Grid обумовлене режимами роботи промислової мережі, відновлюваних джерел енергії і змінним графіком навантаження.

Висновки. Україна має одну з найбільш привабливих інвестиційних структур в Європі для розвитку сонячної енергетики. За останній час були створені сприятливі умови: наявність ресурсів і земельних ділянок, пільговий тариф, державна підтримка і цільова енергетична стратегія, мета якої - досягти 25% виробництва чистої енергії до 2035 року.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Балансова надійність електричної мережі з фотоелектричними станціями: монографія // Лежнюк П.Д., Комар В.О., Кравчук С.В., Лесько В.О., Нетребський В.В. – Вінниця: ВНТУ, 2018.
2. Кульматицька А. С. Оцінювання впливу відновлювальних джерел електроенергії на режим роботи електричних мереж [Електронний ресурс]: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem2018/paper/view/5443/4481>.
3. Petro D. Lezhniuk, Vyacheslav O. Komar, Sergiy V. Kravchuk, Vladyslav O. Lesko, Volodymyr V. Netrebskiy "Meteorological Parameters Analysis for Hourly Forecast of Electricity Generation by Photovoltaic Power Station on the Day Ahead" 2018 IEEE 3rd International Conference on Intelligent Energy and Power Systems (IEPS), 2018.

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З  
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Черняк Ю. Д., магістр, e-mail: [keltickoa@gmail.com](mailto:keltickoa@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

В умовах екологічної кризи та зростання цін на викопне паливо використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) стає все більш актуальним. Однак, при інтеграції ВДЕ до локальних електричних мереж виникають проблеми з надійністю та стабільністю роботи цих мереж. Тому дослідження способів підвищення надійності локальних електричних мереж з відновлюваними джерелами енергії є одним з найважливіших напрямів у сфері енергетики. При підключенні ВДЕ електричні мережі стикаються з коливаннями напруги, тимчасовими перебоями в електропостачанні та нестабільністю виробництва енергії. Для вирішення цих проблем запропоновано різні стратегії та технології:

1. Додаткове енергопостачання: Одним із способів підвищення надійності локальних електричних мереж із відновлюваними джерелами енергії є встановлення додаткової електростанції, що працює на традиційних джерелах енергії. Це дозволить швидко запустити резервне джерело енергії у разі тимчасової недоступності відновлюваних джерел.

2. Акумуляторні пристрої зберігання та резервного живлення: Наявність резервних джерел живлення у вигляді акумуляторних батарей або генераторів є важливим елементом, що підвищує надійність локальних мереж. Резервне живлення гарантує, що процесори, вимірювальні прилади та інше обладнання не вимикаються під час збою в системі. А використання акумуляторних батарей для зберігання енергії, отриманої від відновлюваних джерел, дозволяє ефективно подолати тимчасові перебої в роботі джерел енергії [1,2].

3. Мікромережеві технології та розумне планування мережі: Щоб забезпечити надійність у роботі локальних мереж, потрібно логічно об'єднати їх компоненти та продумати схему взаємодії, для цього можна використовувати мікромережеві технології, які дозволяють створювати мережі малого розміру (від кількох пристроїв до кількох сотень), які можуть працювати автономно або як частина більшої системи. Використання мікромережевих технологій дозволяє підтримувати роботу локальної електричної мережі з ВДЕ в умовах нестачі енергії, це допоможе уникнути зниження ефективності та переривання електропостачання.

4. Ефективний моніторинг та динамічне управління – процес контролю та аналізу відомостей про енергоспоживання, який допомагає визначати, які навантаження споживають більше енергії та як їх можна оптимізувати, щоб підвищити ефективність та економічність роботи локальних мереж із ВДЕ, а системи динамічного управління на базі новітніх засобів автоматизації дозволять швидко реагувати на будь-які проблеми в роботі локальних електричних мереж з ВДЕ та вчасно вживати заходів для їх усунення [3].

Дослідження способів підвищення надійності локальних електричних мереж з ВДЕ є актуальними питанням внаслідок стрімкого зростання потужності ВДЕ. Досягнення найбільшої ефективності можливе тільки при використанні комплексу різних методів та рішень для підвищення надійності енергетичних систем.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дубінін А.І., Кошлак Є.В. Обладнання для накопичення енергії в системах вітрової та сонячної енергетики // АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ. – 2018. – Т. 1, № 1. – С. 277-282.

2. Малогулко Ю.В. Оптимізація функціонування відновлюваних джерел енергії в локальних електричних системах. URL: <https://cutt.us/PcbJq>.

3. Зуб С. С. Підвищення надійності роботи об'єктів відновлювальної енергетики // Електроенергетика і електротехніка. – 2016. - № 1. – С. 27-31.

Біоенергетика є одним із важливих напрямків використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в агропромисловому комплексі (АПК) України. На 1 липня 2020 року Україна мала 51 біогазову станцію, з яких для 34 станцій встановлено «зелений» тариф, сумарною електричною потужністю 96,701 МВт. В АПК працює 26 біогазових установок (БГУ), 24 з яких спрямовані на виробництво електричної енергії, інші – на генерацію теплової енергії. Сумарна потужність 18 БГУ, які працюють за «зеленим» тарифом, 54,294 МВт, крім того 6 станцій поки працюють без «зеленого» тарифу. Найбільшими аграрними компаніями України за обсягом потужностей БГУ є такі компанії: МХП (БГУ на базі «Орель-Лідер» і «Вінницькій птахофабриці») – потужність БГУ становить 17,692 МВт; «Україна-2001» (БГУ на території «Теодіпольського цукрового заводу»), потужність 15,609 МВт; «Астарта-Київ» (біоенергетичний комплекс в Глобино) – 12 МВт; «Панда» (біогазовий комплекс «Корсунь Еко Енерго») – 7,5 МВт; «Галс Агро» – 6 МВт [1].

Сировиною для БГУ є відходи аграрного сектору. Україна має найбільшу в Європі площу сільськогосподарських угідь, тому потенціал його виробництва великий. За прогнозами біоенергетичної асоціації України обсяги виробництва біогазу можуть складати 7,8 млрд. м<sup>3</sup> на рік, це 25% від загального споживання природного газу в Україні. Більшість БГУ в Україні зараз використовують як сировину відходи тваринництва або жом цукрових буряків. Потенціал поживних рештків і силосу кукурудзи наразі залишається невикористаним. Структура сировинної бази для вироблення біометану в Україні наведена на рис. 1 [2]

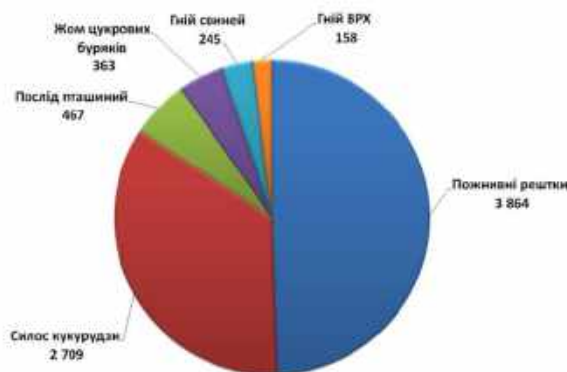


Рисунок 1 – Структура сировинної бази для вироблення біометану в Україні

БГУ складається з таких елементів: ємність гомогенізації; реактор; мішалки; резервуар для зберігання (gas-holder); комплекс опалення та змішування води; газовий комплекс; комплекс насосів; сепаратор; датчики контролю; КВП з візуалізацією; система безпеки. Розрахунок виходу біогазу можна провести за допомогою калькулятора біогазу компанії Бітеко [3]. Калькулятор біогазу враховує такі групи сировини: енергетичні культури; коренеплоди, зерно, насіння; овочі; жир, олія; відходи тварин та птахів; відходи харчової промисловості. Результатами розрахунку є визначення об'єму біогазу (м<sup>3</sup>), виробництва електричної енергії (кВт\*год) та виробництва теплової енергії (кВт\*год).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Названо ТОП-5 агрокомпаній за потужністю біогазових установок. URL: <https://cutt.us/ehlCL>.
2. Біометан замість газу. Крок до енергетичної незалежності України. URL: <https://cutt.us/a9cpY>.
3. Калькулятор біогазу. URL: <https://cutt.us/OPGcw>.



## ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ЗОЛИ У ЛУШПИННІ СОНЯШНИКА

Шукшин Д. О., бакалавр, e-mail: [shkmc49@gmail.com](mailto:shkmc49@gmail.com)Щербатюк О. Я., бакалавр, e-mail: [aserbatuk556@gmail.com](mailto:aserbatuk556@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Волчок В. О.

Одеський національний технологічний університет

Останніми роками Україна впевнено посідає одну з перших позицій на світовому ринку по переробці насіння соняшника, виробництва та експорту олії. Це призводить до утворення значної кількості відходів виробництва - лушпиння. Вихід лушпиння складає 11-20% від маси насіння [1]. Лушпиння насіння соняшнику, як один з видів палива з біомаси, часто залишається поза детального розгляду.

В даний час близько половини річного обсягу утвореного лушпиння спалюється в котлах для виробництва теплової енергії. Близько 20% використовується для виробництва гранул і брикетів. Велика їх частина продається в європейські країни, де на них є досить великий попит. Решта вивозиться на смітники, певна кількість продається сільськогосподарським підприємствам і населенню для господарських потреб [2].

Зміст і склад зольних елементів рослин залежать від видової приналежності, росту і розвитку рослин і особливо від ґрунтово-кліматичних та агротехнічних умов їх вирощування. Концентрація зольних елементів істотно відрізняється в різних тканинах і органах культурних рослин. Крім того, концентрація зольних елементів не є сталою величиною і змінюється з року в рік.

За відносною кількістю, необхідного для нормального росту рослин, всі зольні елементи доволно ділять на макроелементи (К, Са, М, N, P, Mn, С1) і мікроелементи (Сі, В і ін.).

Визначення золи засноване на спалюванні матеріалу і наступному кількісному визначенні залишку. Для отримання золи вихідного палива його повністю спалювали при високій температурі в муфельній печі в присутності повітря. Спалювання проводили в кварцовому тиглі, в який насипали лушпиння. Необхідна кількість повітря для повного згорання палива забезпечувалася відчиненими дверцятами муфельної печі.

У кожен тигель додавали по 2 - 3 см<sup>3</sup> розчину оцетокислого магнію в етанолі, перемішували і давали просочитися, потім поміщали в слабонагрітий муфель і підсилювали нагрівання. Отримана зола в залежності від аналізованого матеріалу може мати найрізноманітніші кольори і відтінки.

Для обчислення відсотка золи із загальної маси золи віднімали внесену кількість магнію або кальцію в перерахунку на їх окис. Титр цих розчинів встановлювали ваговим методом. Зольність аналітичної проби перераховували у зольність робочої маси палива.

За результатами проведених дослідів зольність лушпиння соняшника становила 2,4 мас. %. Незважаючи на низький вміст золи, у порівнянні з вугіллям, в складі золи лушпиння соняшника міститься підвищена кількість оксидів лужних металів (Na<sub>2</sub>O і K<sub>2</sub>O). Їх наявність обумовлює низьку температуру плавлення золи в топці, що є технічною складністю при спалюванні цього виду палива.

Знання мінерального складу лушпиння соняшнику дає можливість вибору оптимального методу її спалювання і ефективного способу регулювання процесу згорання з метою зменшення втрат і отримання теплової енергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Листопад В. Л., Кухта В. Г. Рынок лузги подсолнечника в Украине и реализация проектов по производству твердого топлива в масложировой отрасли. *Масложировой комплекс*. 2010. №2(29). С. 16-20.
2. Ткачев А. Рынок пеллет Украины. Комментарии аналитика отдела анализа рынков Аналитического департамента. 2010. URL: <http://www.youtube.com/watch?v=mGSYA9uM8rs>.

### СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА

УДК 631.171:621.311

#### ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Артисюк М. П., магістр, e-mail: [maksweeeel@gmail.com](mailto:maksweeeel@gmail.com)

Степанюк М. А., магістр, e-mail: [maxstepaniuk1@gmail.com](mailto:maxstepaniuk1@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Окушко О. В.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Сучасний електропривод, що реалізує процеси електромеханічного перетворення енергії, який в основному базується на використанні як приводних пристроїв асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, конструктивно не складний. Разом з тим, спостерігається порівняно високий відсоток виходу з ладу вказаних електродвигунів, що обумовлено різними чинниками. Одним із яких є відсутність або незадовільний рівень технічного сервісу електродвигунів. Це пов'язано з невисоким впровадженням нових методів періодичного діагностування, так і з відсутністю достовірної і простої методики оцінки економічної ефективності впровадження періодичного діагностування.

Діагностування технічного стану електроприводів, у тому числі й електродвигунів дозволить:

- своєчасно попередити виникнення аварійних ситуацій;
- суттєво зменшити витрати на проведення ремонтних робіт;
- оцінити дійсний стан електроустаткування та визначити запас його працездатності;
- підготувати до введення в роботу систем безперервної діагностування й визначити залишковий ресурс електроустаткування

Тестове діагностування електрообладнання – основний вид виявлення дефектів. Воно визначило сформовану структуру технічного обслуговування і ремонту за регламентом. Однак таке діагностування сприяє не тільки попередженню розвитку різних дефектів, але і їх появі нових. Наприклад, при проведенні планових ремонтів електричних машин, після повного збирання електродвигун піддається високовольтним випробуванням, які створюють на ізоляцію електричної машини згубний вплив, викликаючи появу в обмотці мікродефектів, що розвиваються у процесі роботи електродвигуна. Крім того, кожне розбирання та збирання електродвигуна збільшує різні мікродефекти. Так, наприклад, компанією Baker нещодавно була розроблена багатофункціональна система діагностики ізоляції електричних машин АWA IV, яка виконує неруйнівний тест ізоляції за допомогою високовольтного імпульсного випробування.

Отже, для переходу з обслуговування та ремонту за регламентом на ремонт і обслуговування по фактичному стану необхідний ретельний технічний сервіс електрообладнання, причому, щоб підготуватися до ремонту, бажано завчасно виявити усі дефекти, що впливають на ресурс, задовго до відмови.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закладний О.М. Захист як складник системи функціонального діагностування асинхронних електродвигунів / О.М. Закладний, В.В. Прокопенко, О.О. Закладний // Промелектро. – 2010 - №4. – с. 36 – 40.
2. Овчаров В.В. Эксплуатационные режимы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве / В.В. Овчаров. – К.: Из-во УСХА, 1990. – 168с.
3. Лут М.Т., Наливайко В.А., Радько І.П. Діагностування енергетичного обладнання: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. 2-е вид., перероб. і доп. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. – 590 с.
4. Лут М.Т., Радько І.П., Волошин С.М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання й засобів автоматизації / М.Т.Лут, І.П.Радько, С.М. Волошин. – К.: Вид-во ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 878 с.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ КЕРУВАННЯ КІНЕМАТИКОЮ ТА ДИНАМІКОЮ  
РОБОТОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Бабін Б. Е., e-mail: [babinbogdan16@gmail.com](mailto:babinbogdan16@gmail.com)  
Науковий керівник: к.т.н., ст.викл. Гузенко В. В.  
Державний біотехнологічний університет

В даний час у світі новітніх технологій зростаюча складність сучасних роботів ставить нові завдання та проблеми з точки зору організації системи керування рухом робототехнічної системи. Розвиток елементної бази, розробка нових матеріалів, вивчення нових методів, дослідження нових математичних моделей дозволяє створювати робототехнічні системи, що мають десятки і сотні ступенів свободи, і здатні працювати в режимі реального часу.

Системи управління рухом робототехнічної системи бувають двох типів – централізованими та децентралізованими. Централізовані системи характеризуються як єдина система, яка включає всі приводи і механічні ланки. У децентралізованих системах робот предстает як набір незалежних підсистем. Як показали дослідження, саме складність врахування впливу незв'язаних ланок на динаміку робота робить цей напрямок актуальною задачею.

**Мета роботи.** Проаналізувати методи керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем.

Як показують дослідження, що будь-яка схема централізованої системи керування рухом робота повинна мати такі елементи: пульт керування (для того, щоб у користувача була можливість задати рух та його параметри), пристрій керування (синтезує управляючі сигнали на основі отриманих даних від датчиків та даних генератора траєкторій) та генератор траєкторій (елемент, за допомогою якого здійснюється прийом команди від контролера для подальшого розрахунку траєкторії керованих ланок).

Існує безліч способів завдання програмного руху, які поділяються на дві основні групи: теоретичні методи (засновані на побудові різних математичних моделей) та методи, засновані на навчанні. У деяких випадках використовують комбіновані методи, які поєднують у собі особливості перерахованих вище методів. Для методів, заснованих на навчанні, джерелом програмного руху можуть стати різного роду системи типу людина-оператор, або екзоскелети, в яких робототехнічна система детально копіює рухи оператора, на якого одягнений спеціальний костюм (каркас) із безліччю датчиків.

У динаміці кроків якимось чином роботів широко використовується метод заданої синергії, що відноситься до класу напівзворотних методів. Головна ідея цього методу полягає в тому, що координати деяких ланок задаються явно (номінальна або штучна синергія), а координати інших ланок визначаються з рівнянь руху (компенсаторна синергія).

**Висновок.** Проаналізувавши різні способи керування рухом робототехнічної системи, було виявлено, що незалежно від способу завдання рухів центральне місце в системі управління займає генератор траєкторій. За підсумками програмних траєкторій, одержуваних із нього, і будуються системи керування роботами. На даний момент існує більше різноманітних методів керування рухом робота, які дозволяють реалізувати величезний спектр завдань. Вибір методу керування цілком залежить від поставлених цілей перед роботом, способу реалізації, обраного програмного забезпечення для керування і, звичайно, кількості наявних засобів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тертичний-Даурі В. Ю. Динаміка робототехнічних систем. Колос: К., 2012.
2. Горіневський А. Т., Формальський А. М. // Управління маніпуляційними системами на основі інформації про зусилля. К.: Фізматліт, 1994.

## УМОВИ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СИНХРОННО-ПОВОРОТНОЇ МЕДОГОНКИ

Базелюк Б. В., магістр, e-mail: [bogdanbazeluk4@gmail.com](mailto:bogdanbazeluk4@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Вихідними даними для вибору електродвигуна електроприводу синхронно-поворотної медогонки є: вибір і визначення типу і параметрів центрифуги; визначення фізико-хімічних параметрів меду і навколишнього середовища (в'язкість, температура, вологість); визначення моменту інерції і механічних характеристик для кожного з етапів відкачки меду; визначення діапазону обертання; визначення навантажувальної діаграми процесу відкачки меду; вибір електродвигуна з урахуванням навантажувальної діаграми.

Визначаємо фізико-хімічні параметри меду з метою подальшого визначення динамічних характеристик і нижньої межі діапазону регулювання частоти обертання. З огляду на те, що температура рамок після вилучення з вулика становить близько 28-32 °, рекомендована температура для розрахунку становить 30 °. Вологість меду визначається портативним рефрактометром. В'язкість меду визначається в лабораторних умовах і залежить від температури та вологості.

При виборі діапазону частоти обертання центрифуги в процесі відкачки меду, необхідно визначити мінімальну частоту обертання, при якій відбувається витікання меду з рамок і максимальну швидкість, при якій відбувається деформація і руйнування вошини в рамках. Так само визначення діапазону обумовлено необхідністю вибору етапів зміни швидкості обертання і уточнення швидкісних меж даних етапів, з подальшим визначенням і побудовою навантажувальних діаграм, які будуть основними вихідними даними для вибору електродвигуна. Для меду вологістю 18,5% і температурою 30 ° С встановлені наступні діапазони частот обертання по етапах: початковий етап - від 80 до 90 об / хв; основний етап - від 100 до 120 об / хв; кінцевий етап - від 160 до 180 об / хв.

Визначення моменту інерції проводиться з метою коригування розрахунку і побудови механічної характеристики робочої машини. При розрахунку необхідно враховувати, що медогонка є системою змінних мас і необхідно враховувати значення моментів інерції на всіх етапах викачки, тому, що змінюється і швидкість і маса рухомих частин.

Для визначення механічної характеристики слід використовувати залежність моменту зрушення, номінального моменту і маси обертючих частин центрифуги. Після визначення необхідних параметрів розраховуємо і будуємо механічну характеристику машини.

На підставі отриманих даних необхідно: розрахувати еквівалентне (середньоквадратичне) навантаження електроприводу і нанести його на навантажувальну діаграму; визначити необхідну потужність двигуна з умов забезпечення: допустимого нагріву електродвигуна; пуску з повним навантаженням і зниженням напруги на акумуляторній батареї до 7,5%; статичної стійкості електроприводу при максимальному навантаженні та можливому зниженні напруги живлення на 7,5%. Вибраємо двигун з урахуванням приведених вимог по каталогу, та перевіряємо його за умовами нагрівання, методом середніх втрат.

Вибраний за розробленою методикою двигун дозволить з меншим споживанням електроенергії безперебійно працювати за заданими параметрами.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

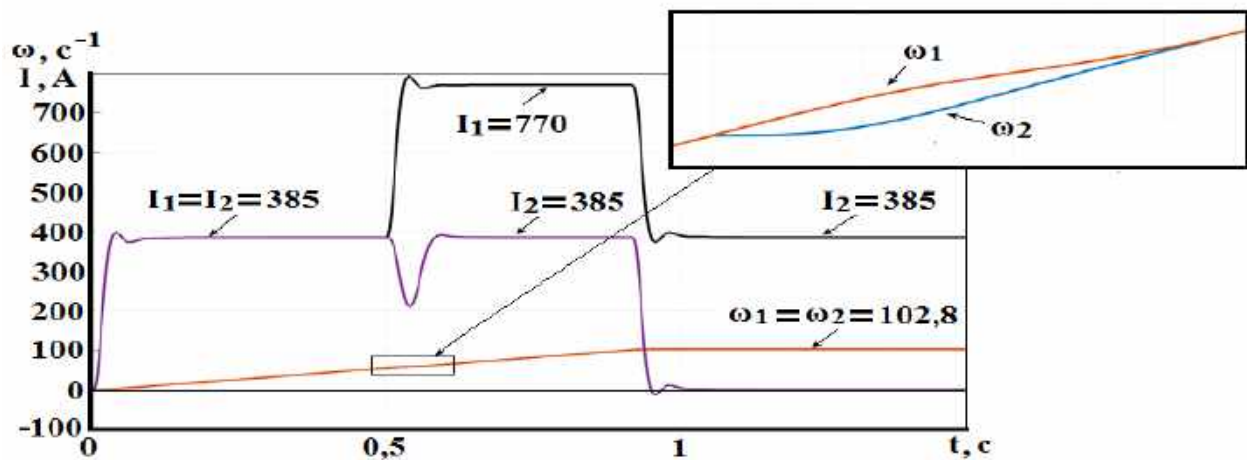
1. Туников Г. М. Технология производства и переработки продукции пчеловодства: учебное пособие для студентов высших учебных заведений / Г. М. Туников, Н. И. Кривцов, В. И. Лебедев – М.: Колосс, 2001. – 176 с.

2. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лаврінченко, І.П. Ільчов, Ю.М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

Бакалаврський проект є підсумковою кваліфікаційною роботою, що підтверджує освоєння фахової освітньої програми з відповідної спеціальності.

Традиційно при проектуванні електроприводів аналізують наявні в цій галузі рішення, виконують обґрунтування, вибір та розрахунок елементів електроустаткування, розробку функціональних, структурних та принципівих схем. Завершальним етапом технічної частини проекту є комплексне моделювання перехідних процесів у розробленому електроприводі.

Комплексний підхід полягає у тому, що крім традиційних розрахунків контурів регулювання відповідних координат, слід здійснити додаткові дослідження. Сюди необхідно віднести моделювання контуру регулювання струму, як без урахування впливу внутрішнього зворотного зв'язку по ЕРС двигуна (для підтвердження правильності налаштування регулятора), так і проаналізувати його вплив на реальні процеси в електроприводі. Далі слід виконати моделювання контуру швидкості з урахуванням обмеження вихідного сигналу регулятора та проаналізувати вплив задавача інтенсивності. При моделюванні контуру положення слід розглянути відпрацювання малих, середніх і великих переміщень, помилки позиціонування, корекцію коефіцієнта посилення регулятора положення (за результатами моделювання) і роботу регулятора з нелінійною характеристикою.



Додатково цікавить моделювання складних систем взаємозалежних електроприводів. Сюди відносяться дводвигунові електроприводи з регуляторами вирівнювання струмів, співвідношення швидкостей та ін. Крім того можуть бути досліджені системи з оптимізацією швидкодії та енергоефективності.

Як приклад на малюнку показані перехідні процеси при роботі системи з регулятором узгодження швидкостей при зміні навантаження одного з двигунів у процесі розгону.

Виконання цього розділу у досить великому обсязі дозволяє студентам глибше опанувати роботу електроприводу, як складної електромеханічної системи [1].

Результати комплексного моделювання можуть стати базою для подальшого налагодження реальних електроприводів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/27468>



## РОЗРОБКА ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА НАСОСА СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ ОСЕЛІ

Бондаренко А. С., бакалавр, e-mail: [VVS11101992@gmail.com](mailto:VVS11101992@gmail.com)Науковий керівник: ст.викл. Сухін В. В.  
Державний біотехнологічний університет

Посеред багатьох галузей сучасної техніки, спрямованих на підвищення рівня життя людей, благоустрою населених місць і розвитку промисловості, водопостачання займає значне та вагоме місце. Забезпечення населення чистою, якісною водою має значне гігієнічне значення, тому що охороняє людей від різноманітного роду захворювань. В даний час у зв'язку із загальним зростанням обсягів споживаної води і недостатністю в ряді районів її природних джерел, все частіше виникає необхідність комплексного вирішення водогосподарських проблем для найбільш раціонального і економного забезпечення водою всіх споживачів. Але на даний момент енергозбереження стало одним з найважливіших пріоритетних напрямків технічної політики у всіх країнах світу. Енергозбереження в будь-якій області зводиться до зменшення зайвих втрат. Розгляд структури втрат в сфері виробництва, розподілу і споживання електроенергії показує, що основна частина втрат (до 90%) дістається сфері споживання. Зі множини різноманітних рішень, які використовуються для енергозбереження, одне з найбільш дієвих і швидко окупних, що вимагає відносно низьких капіталовкладень – впровадження високотехнологічної та наукомісткої енергозберігаючої техніки – частотно-регульованих асинхронних приводів. Тому розробка частотно-регульованих електроприводів насосів систем водопостачання осель є актуальним завданням, яке потребує розв'язку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Провівши пошук по сучасним вітчизняним літературним джерелам, встановлена відсутність технічних рішень пов'язаних із застосування частотного регулювання електроприводів насосів для водозабезпечення приватних будинків.

Мета роботи. Розробка частотного регулювання електропривода насоса системи водопостачання будинку за для зменшення втрат електричної енергії.

Основні матеріали дослідження. Виконуючи роботу по вирішенню встановленого завдання, проведений аналіз технологічного процесу водопостачання житлового будинку, розглянуті: типи насосів, призначення насосних станцій, сам технологічний процес, а також вимоги до вибору електроприводу.

Далі проведена розробка електропривода, розрахована і вибрана потужність електродвигуна насоса. Вибрані і обґрунтовані: перетворювач частоти, датчик тиску, контактори і автомати захисту, джерело живлення, кабелі, клемні затискачі, контролер, шафа і компоновка електроавтоматики.

Після цього, розраховані статичні і динамічні характеристики для розімкнутої системи регульованого електропривода. Розраховані: природна характеристика, штучні (регульовальні) характеристики, втрати в асинхронному двигуні при роботі на штучних характеристиках, перехідні процеси швидкості і моменту для режимів пуску, накидання і скидання навантаження на валу двигуна [1].

Висновки. В результаті проведеної роботи була розроблена система частотного регулювання електропривода насоса системи водопостачання приватного будинку, яка дасть змогу зменшити втрати електричної енергії в даній системі та забезпечить більш раціональне використання водневих ресурсів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Регульований електропривод: підручник / І.М. Голодний, Ю.М. Лавріненко, В.В. Козирський, Л.С. Червінський, Д.А. Абдураманов, А.В. Торопов, О.В. Санченко; За ред. І.М. Голодного. – К.: ТОВ "ЦП "Компринт", 2015. – 509 с.: іл.

ISBN 978-966-929-068-7

## ВИКОРИСТАННЯ КРОКОВИХ ДВИГУНІВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Борох Д. В., магістр, e-mail: [dmboroch@gmail.com](mailto:dmboroch@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Сотнік О. В.

Державний біотехнологічний університет

Електричні машини малої потужності (ЕММП) - це машини потужністю менше 1 кВт, які використовуються в різних пристроях та системах автоматизації. Ця категорія електричних машин є дуже значною в світовому виробництві.

На даний час ринок ЕММП швидко розвивається, зокрема завдяки зростанню інтересу до екологічних та енергоефективних технологій. Таким чином, відсоток виробництва ЕММП в загальному виробництві буде зростати у майбутньому.

ЕММП суттєво впливають на надійність та на функціональні характеристики систем автоматики та радіоелектроніки, а саме на точність та швидкодію. Вони виконують задачі не лише перетворення електричної енергії у механічну чи електричного сигналу у механічну величину, а і зворотнього перетворення механічної величини в електричний сигнал по визначеній функціональній залежності [1].

Одним з різновидів ЕММП є кроковий двигун (КД). КД - це електромеханічний пристрій, що перетворює електричну енергію в кінетичну, рухаючись певним кутом за кожен крок (зазвичай становить кілька градусів) та перетворюючи електричні імпульси у дискретні механічні переміщення [1, 2].

КД використовуються в багатьох галузях, де вимагається висока точність керування рухом обладнання. Промисловість: у системах автоматизації для керування рухом обладнання, такого як лінії виробництва, машини з програмованим керуванням (CNC), підйомники, конвеєри тощо. Електроніка: у різних пристроях, включаючи принтери, сканери, монітори, проєкційні системи та інші. Медична техніка: у пристроях, наприклад, для керування рухом медичних інструментів під час операцій або в пристроях для моніторингу пацієнтів. Автомобільна промисловість: в системах для керування рухом дзеркал, сидінь, вікон, клапанів та інших частин. Робототехніка: для керування рухом роботів та інших автономних пристроїв. КД мають унікальні властивості, що інколи роблять їх зручними для використання чи навіть незамінними. Можливість швидкого старту (зупинки, реверсування), високу надійність дає відсутність щіток, термін служби КД фактично визначається терміном служби підшипників, забезпечується позиціонування без зворотнього зв'язку (на відмінність від сервопривода), можливість отримання дуже низьких швидкостей обертання для навантаження, що приєднане без редуктора, швидкість пропорційна частоті вхідних імпульсів [2].

Використовується КД в приводах машин та механізмів, що працюють у «старт-зупинка» режимі, приводах безперервного руху, де керуюча дія задається послідовністю електричних імпульсів. Головна перевага КД – низька вартість, в середньому у 1,5-2 рази менша за сервопривод. У КД є недоліки: можуть не забезпечувати високої швидкості руху, можуть страждати від певного виду перенапруження, відомого як «вібрація кроку», яка може знизити точність їх руху.

Висновки. КД як недорогий варіант найкращим чином відповідає для автоматизації окремих вузлів і систем, де не вимагається висока динаміка.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електроприводи з кроковими двигунами. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://rb.gy/z3d9>
2. Ткачук Василь. Електромеханотроніка: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. - 440 с.

## ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗПОДІЛУ КОМПЕНСАЦІЙНИХ КОНДЕНСАТОРІВ ПРИ ПІДКЛЮЧЕННІ ГРУПИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ В ПОТОКОВІЙ ЛІНІЇ

Веремейчик В. О., магістр, e-mail: [vladver1211@gmail.com](mailto:vladver1211@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Для електричних двигунів змінного струму, на долю яких припадає до 60 % спожитої електроенергії, коефіцієнт потужності ( $\cos\varphi$ ) є важливим показником, який залежить від навантаження на валу двигуна і показує, яка частина повної спожитої електричної енергії перетворюється на активну потужність і витрачається на процес обертання ротора і відповідно на виконання корисної роботи. Для підвищення  $\cos\varphi$  асинхронних двигунів (АД) застосовують наступні заходи: заміна недостатньо завантажених двигунів (менше 0,45), обмеження часу роботи на холостому ходу, заміна, при можливості на синхронні двигуни, встановлення компенсуючі конденсаторних батарей. Тобто, коефіцієнт потужності окремих електроприводів не є сталою величиною, а постійно змінюється в залежності від типу двигуна, режиму роботи, ін. Іншою причиною зниження  $\cos\varphi$  в мережі живлення АД є якість електроенергії, так при підвищенні напруги на 1 % збільшує споживання реактивної потужності на 3..4 %, а при зниженні частоти струму на 1 % – на 2 % [1].

Відомо, що компенсуючі пристрої встановлюють на підприємствах для підвищення  $\cos\varphi$  у випадку коли всі інші, вказані способи були реалізовані, тоді переходять до встановлення комплектних конденсаторних батарей (ККБ). Доцільність їх застосування обумовлена як первинними затратами, на придбання обладнання, так і, вартістю електроенергії затраченої в них. Вважається, що найвигіднішим варіантом є той при якому розрахункові затрати на 1  $\kappa\text{ВАр}\cdot\text{год}$  будуть мінімальними [2].

В проведеному дослідженні розглядається варіант встановлення ККБ на лінії 0,4 кВ при живленні групи двигунів, при цьому найвигіднішу потужність конденсаторів ( $Q_{\text{ККБ}}$ ) визначають, як:

$$Q_{\text{ККБ}} = Q_{\text{ТП}} - \frac{K_{\Sigma}}{R_e (1+K_m)} \quad (1)$$

де  $Q_{\text{ТП}}$  – сумарне реактивне навантаження електроприводів потокової лінії на шинах вторинної обмотки трансформатора,  $\kappa\text{ВАр}$ ;  $K_{\Sigma}$  – розрахунковий параметр, який залежить від рівня напруги, вартості електроенергії і часу використання ККБ протягом року,  $\kappa\text{ВАр}\cdot\text{Ом}$ ;  $R_e$  – еквівалентний активний опір вторинної обмотки ТП,  $\text{Ом}$ ;  $K_m$  – коефіцієнт, який залежить від способу виконання лінії живлення ( $K_m = 0,4 \dots 0,8$ ).

Розміщення ККБ для компенсації реактивної потужності, яку споживають електроприводи потокової лінії, наприклад в установках переробки сільськогосподарської продукції, виготовлення опалювальних пілетів, ін., здійснюють за груповою схемою і розміщують біля силового щита або вводного щита в приміщенні, переробному цеху, ін., причому, їх рекомендована потужність повинна бути не менше 30  $\kappa\text{ВАр}$ . Крім того, відповідно з вимогами техніки безпеки ККБ встановлюють з розрядними опорами, які вибирають за умови, щоб через 30 с після їх від'єднання від електричної мережі напруга на її виводах зменшилась до 65 В, а величина споживання потужності при номінальній напрузі не перевищувала 1 Вт на 1  $\kappa\text{ВАр}$  потужності батареї.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.
2. Іванов А. О. Підвищення коефіцієнта потужності електроустановок / А. О. Іванов, А. А. Тищенко – К.: Вид-во «Вища школа», 1970. – 60 с.

## АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ПУСКУ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ.

Ворона В. О., e-mail: [vvorona595@gmail.com](mailto:vvorona595@gmail.com)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Сорокін М. С.

Державний біотехнологічний університет

Асинхронні двигуни є одними з найбільш поширених типів електричних двигунів, що використовуються в різних галузях агропромислового комплексу. Хоча пуск асинхронного двигуна є досить простим процесом, але в деяких випадках можуть виникати проблеми з його пуском, особливо при високих навантаженнях і та значної потужності.

Основні проблеми, пов'язані з пуском асинхронного двигуна, полягають у збільшенні струму під час розгону, що може призвести до перевантаження системи живлення і пошкодження обладнання. Також можуть виникати проблеми зі стабільністю пускового процесу, який може бути нестабільним і не передбачуваним, викликаний спадом напруги при зростаючому струмі.

Основним сучасним напрямком покращення пускових режимів електричних машин є застосування так званого м'якого пуску.

М'який пуск може бути реалізований за допомогою різних електронних пристроїв, таких як регулятори напруги, реле напруги, частотні перетворювачі та інші. Головна ідея м'якого пуску полягає в тому, щоб забезпечити плавний пуск асинхронного двигуна, що дозволяє зменшити початковий струм та навантаження на систему живлення.

У м'якому пуску використовуються електронні пристрої, які забезпечують плавне збільшення напруги живлення асинхронного двигуна. Це дозволяє знизити початковий струм і зменшити навантаження на систему живлення. Крім того, м'який пуск дозволяє забезпечити плавний і стабільний режим роботи, та підвищити ефективність роботи електропривода та зменшувати навантаження на його частини.

Наприклад, регулятор напруги може контролювати напругу живлення асинхронного двигуна і зменшувати її при пуску. Це забезпечує поступове збільшення напруги, що дозволяє зменшити початковий струм і плавно запустити двигун.

Частотні перетворювачі є більш складними електронними пристроями, що дозволяють контролювати як напругу, так і частоту живлення асинхронного двигуна. Це дозволяє забезпечити більш точний і стабільний режим роботи асинхронного двигуна, а також знизити споживання електроенергії.

Також слід зазначити що не завжди доцільно є обрання саме частотного перетворювача. Існують та широко застосовуються пристрої плавного пуску які мають сходу із частотними перетворювачами принцип роботи але дозволяють керувати лише процесом пуску та зупинки електричних машин. При виборі того чи іншого пристрою слід спиратися на вимоги технологічного процесу а також на вартість даного обладнання яка може суттєво відрізнятися але забезпечувати необхідні пускові характеристики.

У результаті, використання м'якого пуску може забезпечити покращення роботи асинхронного двигуна і зниження навантаження на систему живлення. Це може привести до зниження витрат на енергоспоживання, покращення продуктивності та збільшення терміну служби обладнання.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сотнік О. В. Сорокін М. С. Дослідження способів покращення пуску асинхронного двигуна сільськогосподарської машини // *Науковий журнал «Інженерія природокористування»*. 1(23) (Бер 2022), 74-80. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6819459>.

РЕГУЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ПІДЙОМНОГО КРАНУ

Студенти бакалавратури: Ганчуков Д. І., Крамарев М. М., Леонтьєв Н. В.

Науковий керівник: Семіков О. В., e-mail: [oleksii.semikov@khpi.edu.ua](mailto:oleksii.semikov@khpi.edu.ua)

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

У механізмах переміщення, підйому, повороту кранів при використанні лінійного регулятора положення без задатчика інтенсивності в ланці завдання положення  $\varphi_3$ , налаштованого на максимальну швидкодiю без перерегулювання при малих переміщеннях, будуть неприпустимі

перерегулювання при середніх і великих переміщеннях, через насичення регуляторів моменту сили  $M$  або струму і швидкості  $\omega$  в системі управління електроприводу (ЕП), а також наявності

гальмівного шляху  $\Delta\varphi$ , обмеженого максимальним прискоренням  $\epsilon_{\max}$  і початковою швидкістю. В літературі [1][2][3] регулятори не мають явного опису їх структури. Для забезпечення переходу від лінійного регулювання при малих переміщеннях до нелінійного

завдання швидкості виду  $\omega_3 = \sqrt{2\epsilon_{\max}\Delta\varphi}$  при великих переміщеннях з одночасним обмеженням прискорення у цій роботі запропонована структура динамічно нелінійного регулятора положення, яка показана на рис. 1, і промодельована робота ЕП з ним, результати

якого для великих переміщень показані на рис. 2 і 3 з  $\omega^*$  і  $M^*$  відносно номінальних параметрів двигуна. Регулятор використовує тільки сигнал похибки  $\Delta\varphi$ , різницю  $\varphi_3$  і фактичного положень  $\varphi$ , тобто переміщення, яке залишилося. При малих  $\Delta\varphi$  завдання швидкості  $\omega_3$  розраховується лише лінійною ланкою регулятора  $k_{рп}$  завдяки обмеженню

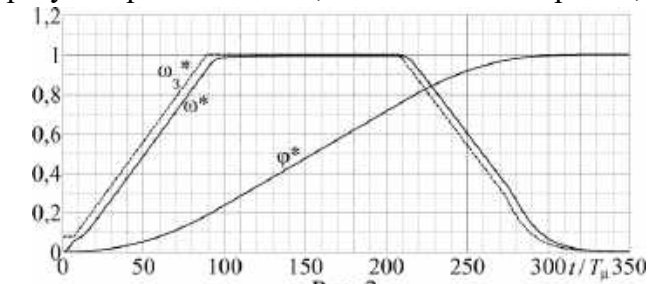


Рис. 2

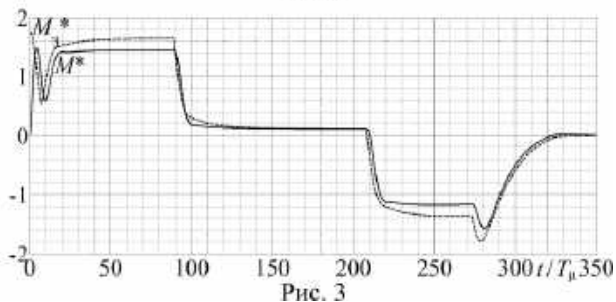


Рис. 3

з додаванням зони нечуттєвості для забезпечення запасу часу на гальмівний шлях у перехідних процесах. Що видно на графіку у межах 10...90  $T_\mu$  та 210...280  $T_\mu$ .

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попович М. Г. Теорія електропривода: підручник / М. Г. Попович, М. Г. Борисюк, В. А. Гаврилюк та ін.; за ред.. М. Г. Поповича. – Київ: Вища шк., 1993. – 494 с.
2. Лаврінєнко Ю. М. Електропривод: підручник / Ю. М. Лаврінєнко, О. С. Марченєко, П. І. Савченєко, та ін. – 2-е вид. перер. і доп. – Київ, 2009. – 504 с.
3. Теряєв В. І. Системи програмного та слідкуючого керування рухом: підручник / В. І. Теряєв, С. В. Король. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 150 с.



АВТОНОМНА СИСТЕМА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЄЮ ВІЙСЬКОВОГО ШПИТАЛЮ  
Гірняк О. В., магістр, e-mail: [alesya.dom@gmail.com](mailto:alesya.dom@gmail.com)  
Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.  
Державний біотехнологічний університет

Багато місяців поспіль іде цілеспрямоване руйнування енергетики України. Загалом, за час війни втрачено понад 90 % вітрової генерації, понад 25 % теплової, 50 % атомної енергетики та майже 30 % сонячних електростанцій. Нажаль, від військових дій зазнали пошкодження, в залежності від регіону, від 17 до 45 % високовольтних мереж, а у зонах активних бойових дій майже 95 %. Нині енергетична система працює в аварійному режимі з мінімальним запасом міцності, як енергомереж, так і генерації, тобто, система працює але в будь-який момент може зупинитись. Тимчасове та непевне покращення постачання електроенергії дається величезними зусиллями енергетиків, які майже одразу, після обстрілів розпочинають ремонтні роботи і міжнародних партнерів щодо надання коштів та обладнання для цих ремонтів. Крім того, після пошкодження здійснюється різного роду перемикання ліній і утворюються тимчасові схеми електропостачання незважаючи на отримання значних втрат енергії в лініях, які зрозуміло, в майбутньому будуть перебудовані [1].

В існуючих умовах для посилення надійності енергопостачання, наприклад, у військово-медичному клінічному центрі, для підключення особливо важливих ділянок, застосовують дизельну електростанцію, це реанімаційне відділення, операційне відділення, відділення лабораторії та функціональної діагностики, хірургічне відділення. Установка працює в автоматичному режимі, а час переходу на резервне живлення не перевищує 1,5 хв. Причому, у генераторі передбачено автоматичний підігрів двигуна, під зарядження акумуляторної батареї, а завдяки вбудованому GSM - модему, дизель-генератор автоматично надсилає sms – повідомлення про стан роботи відповідальним працівникам центру [2].

В умовах військових дій на сході та півдні країни для забезпечення польових військових шпиталів електроенергією в об'ємах необхідних для підтримання в робочому стані мінімальної кількості обладнання, пропонується використати комбіновану систему з відновлювальними джерелами енергії. В більшості випадках вказані об'єкти надають первинну медичну допомогу військовим з тяжкими полі травмами на період до отримання ними стабільного стану та подальшого транспортування у стаціонарні спеціалізовані лікарні.

В рекомендаціях по організації об'єктів для надання первинної медичної допомоги в умовах надзвичайних ситуацій, вказується перелік медичних послуг, які можуть в них надаватись на протязі дії надзвичайної ситуації, до якої відносяться і військові дії, що дозволя оцінити величин необхідної потужності – 25..30,0 кВт.

Сформульована задача може бути реалізована на основі використання комбінованої системи електроживлення. Проведені розрахунки показують, що отримання автономної мережі електроживлення напругою 220 В потужністю 30,0 кВт, достатньо мати дизель-генератор 20,0 кВт, фотоелектричну станцію 20,0 кВт і акумуляторні батареї потужністю 9,6 кВт·год [3]. Для технічної реалізації проекту пропонується використати дизель-генератор типу Malcomson ML33-R3 (20,0 кВт), фотоелектрична установка площею 150 м<sup>2</sup> з інвертором типу PrimeVOLT PV-20000T-U (20,0 кВт) та акумуляторні батареї типу 2XZTT48100LiFePo4.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Як вдалося повернути світло після руйнування Росією енергетики України і чи це надовго. Режим доступу: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-64820897> .
2. У львівському військовому шпиталю посилити енергетичну безпеку. Режим доступу: <https://dailyviv.com/news/medytsyna/u-lvivskomu-viiskovomu-shpytalyu-posylyly-enerhetychnu-bezpeku-67672>.
3. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії / С. О. Кудря – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 402 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ  
І РЕМОНТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

Григоренко М. С., магістр, e-mail: [nikolaygrigorenko01@gmail.com](mailto:nikolaygrigorenko01@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

В процесі технічної експлуатації енергетичного обладнання забезпечується та підтримується потрібний стан обладнання, в тому числі відновлюється його властивості, що втрачаються при транспортуванні, використанні або зберіганні. Всі регламентні роботи проводять фахівці служби технічної експлуатації [1].

З іншого боку, капітальний ремонт електрообладнання здійснюється з метою поновлення його працездатності і в подальшому надійної та економічної роботи протягом всього терміну експлуатації. При проведенні ремонту виконуються всі вимоги нормативних документів в яких обумовлено перелік робіт які при цьому виконуються. Поточний ремонт здійснюють для забезпечення працездатності електрообладнання: огляд обладнання, регулювання, ремонт окремих вузлів та блоків, тестування або випробування після ремонту [2].

З метою підвищення ефективності проведення капітального ремонту і профілактичного огляду складають спеціальні графіки, тому, доцільно автоматизувати робоче місце керівника електротехнічної служби агрофірми, що дозволить в діалоговому режимі моделювати графіки технічного огляду (ТО) або технічного ремонту [3].

Аналіз науково-технічної літератури дозволив визначити декілька підходів до розробки математичної моделі складання та управління графіками ТО і ТР. Найбільш доречним підходом є складання моделі процесу на основі матриці  $X = [x_{ij}]$  процесу з умови визначення оптимальних витрат:

$$\Delta = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (x_{ij} - x'_{ij}) = 0, \quad (1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i=1, \dots, m, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j=1, \dots, n, \quad (3)$$

$$E = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min. \quad (4)$$

де  $m$  – кількість ремонтних цехів з проведення ТО і ТР електроприводів;  $n$  – кількість видів обслуговування ТО і ТР;  $x_{ij}$ ,  $x'_{ij}$  – відповідно трудомісткість відповідно ТО або ТР, люд.год;  $a_i$  – сумарна трудомісткість ТО  $i$ -го електродвигуна люд.год;  $b_j$  – сумарна трудомісткість ТР  $i$ -го електродвигуна люд.год;  $c_{ij}$  – питомі витрати на ТО і ТР  $i$ -го електродвигуна в  $j$ -му ремонтному цеху, люд.год.

При цьому, доцільно прийняти обмеження  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ , тобто, сумарна добова трудомісткість ТО і ТР електродвигунів дорівнює загальному річному фонду робочого часу електротехнічної служби агрофірми.

Застосування розробленої моделі проведення ТО і ТР електродвигунів в умовах агрофірми дозволить скоротити фінансові витрати і подовжити термін безвідмовної роботи, що в результаті підвищить продуктивність і знизити собівартість продукції.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лут М. Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / М. Т. Лут, О. В. Мірошник, І. М. Трунова – Х.: Факт, 2008. – 438 с.
2. ДНАОП 0.00-1.21-98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів – К.: Основа, 1998. – 380 с.
3. Жданов В. Г. Моделирование процесса технического обслуживания и ремонта электрооборудования / В. Г. Жданов, Е. А. Логачева, А. В. Кравцов – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №6. – С.17-18.

ПОКРАЩЕННЯ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРИЧНОГО ДВИГУНА ВІД ПЕРЕГРІВАННЯ ЗА  
ДОПОМОГОЮ СТРУМОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

Григоренко М. С., Курченко О. І., студентка, e-mail: [nikolaygrigorenko01@gmail.com](mailto:nikolaygrigorenko01@gmail.com)

Науковий керівник: ст. викладач, к.т.н. Міленін Д. М.

Державний біотехнологічний університет

Сьогодні продуктивність науково-технічного прогресу залежить не тільки від збільшення випуску новітньої техніки. Асинхронні електродвигуни (АД) мають широке застосування у промисловості та сільському господарстві, але їхній активна експлуатація потребують покращення теплового захисту.

Мета цієї роботи полягає в удосконаленні захисту АД напругою 0,4 кВ від надмірного навантаження під час важких запусків. Для цього необхідно: провести теоретичні дослідження та довести ефективність використання струмових трансформаторів, що насичуються в тепловому релейному пристрої.

Термін служби обмотки статора електродвигунів серій А2, А02, 4А з напругою 0,4 кВ при двозмінній роботі складає 5 років [1, 2]. Навантаження на електродвигуни без відповідного контролювання може призвести до швидкого зносу ізоляції та вихід з ладу обмоток при підвищенні температури ізоляції на  $6^{\circ}\text{C}$  термін її служби скорочується вдвічі) [3].

Проаналізований вплив насичення трансформаторів струму (ТС) на реле напругу потужності, і були запропоновані шляхи покращення його кутової характеристики. Під час активного навантаження, вторинний струм без насичення є синусоїдальним, але при насиченні вольт-секундна площа обмежується і струм обмежується вертикальною лінією (див. рисунок 1,а).

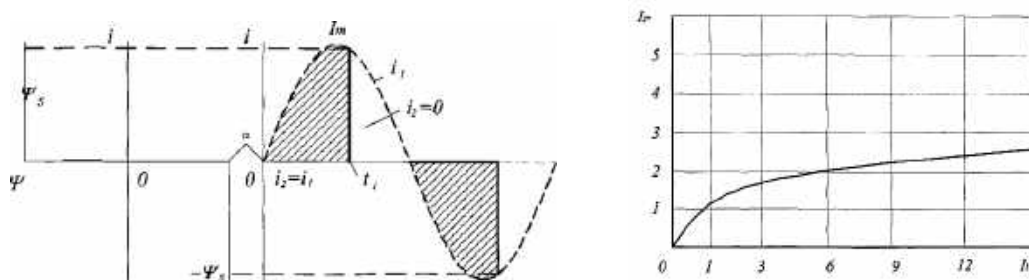


Рисунок. 1 - Статичний режим трансформатора струму: а) крива зміни форми первинного та вторинного струмів; б) залежність дійсного значення вторинного струму від первинного

Рисунок 1, б показує, як змінюється значення вторинного струму зі збільшенням первинного струму. Важливо відзначити обмеження вторинного струму, що може бути використано для забезпечення можливості важкого пуску асинхронних електродвигунів, які захищені вторинними тепловими реле.

Висновок. Проведений аналіз різних фізичних принципів розчіплювачів захисту, який показав доцільність вдосконалення термобіметалічного розчіплювача як найбільш економічного та ефективного.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аванесов В.С. Сборник тестовых заданий. Учебная книга для преподавателей вузов, учителей школ, аспирантов и студентов педвузов. - Москва: Адепт, 1998 - 152 с.
2. Анхимюк В.Л., Опейко О.Ф., Михеев М.М. Теория автоматического управления. Минск: Дизайн ПРО, 2000 - 351 с.
3. V. Vahidi, M. Sanaye-Pasand, M. Fotuhi-Firuzabad, "Application of Current Transformers for Overload Protection of Three-Phase Induction Motors", IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2008, vol. 55, no. 11, pp. 3878-3885

## ОБГРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЛІНІЇ ПЕРВИННОЇ ПЕРЕРОБКИ ГРЕЧКИ

Грипа Д. В., магістр, e-mail: [dimagrupa@gmail.com](mailto:dimagrupa@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Радько І. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Підвищення якості продукції сільськогосподарських культур екологічно чистими екологічними методами є вкрай важливим питанням, як в Україні, так і у всьому світі. Часткове вирішення цієї проблеми полягає в провадженні сучасних, економічно вигідних, енергозберігаючих, екологічно безпечних технологій переробки насіння зернових культур, направлених на підвищення його якості кліматичної стійкості.

*Метою дослідження є удосконалення технологічної лінії первинної переробки гречки, для зниження подрібнення ядер і поліпшення споживчих якостей крупи, підвищення ефективності технологічних процесів, збільшення продуктивності праці, зменшення собівартості та енергоємності продукції.*

*Об'єктом дослідження є технологічні процеси первинної переробки гречки на основі електротехнологій.*

*Предметом досліджень є номенклатура, структура і параметри електрообладнання цеху, розробка системи автоматизованого керування лінією виробництва гречаної крупи.*

На основі аналізу запропоновано оптимальну послідовність операцій для первинної обробки гречки: пропарювання – сушіння – охолодження. Для відпрацювання технологічних режимів побудовано графічні залежності вологості та температури від тривалості обробки: вологість гречки після пропарювання повинна становити 18%, після сушки - 15%, після охолодження – 14%; температура гречки не повинна перевищувати 50°C. Для забезпечення вище зазначених показників прийнята температура пропарювання 110°C (0,25МПа) тривалістю 4 хвилини. Процес сушки здійснюється сухим повітрям температурою 70°C з тривалістю 5 хвилин. Процес охолодження повинен тривати не менше 10 хвилин сухим повітрям температурою 20°C.

Для реалізації технології переробки гречки було обгрунтовано та вибрано силове електрообладнання цеху. Відповідно до розробленої функціональної схеми цех включає: приймальний бункер, ваговий дозатор, два ковшових елеватори, аспіраційну колонку, апарат для гідротермічної обробки, луцильно-шліфувальну машину, ситовий сепаратор, повітряний сепаратор, збірник побічних продуктів обробки, вентилятор, пароутворювач. Вибране та обгрунтоване силове обладнання цеху - електродвигуни приводів ковшового елеватора та витяжного вентилятора.

На основі проведеного аналізу та виявлених законів і критеріїв керування, а також вимог, що висуваються до точності контролю технологічних параметрів, якості регулювання та надійності, була розроблена функціональна схема автоматизації, а також електрична принципальна схема автоматизованого керування лінією первинної обробки гречки. Розрахунки підтвердили належну надійність і якість роботи автоматизованої системи керування.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 4138 – 2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості / М. Кіндрок, О. Слюсаренко, В. Гечу, та ін.(розроб.) – Офіц.вид. – Чинний від 28.12.2002 - Київ Держспожив стандарт України, 2003. – ст.170.

2. Вельский А. И. Применение лазерного излучения в растениеводстве / А. И. Вельский // Сборник трудов : Сумской государственной аграрный университет. – Сумы, 1996. – С. 67–68.

АНАЛІЗ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОБОЧИХ МАШИН  
Денчик І. А. бакалавр, e-mail: [Denchik\\_09@ukr.net](mailto:Denchik_09@ukr.net)  
Кучеренко О. В. магістр, e-mail: [kucherenko12@mail.ru](mailto:kucherenko12@mail.ru)  
Науковий керівник: к.т.н., ст.викл. Гузенко В. В.  
Державний біотехнологічний університет

Як відомо, позитивні зміни, які спостерігаються в агропромисловому комплексі (АПК) вимагають удосконалення технологічних процесів, які на сьогоднішній день є високоенергозатратними. Сучасна інженерна практика показала, що найбільший ефект при реалізації програм енергозбереження в електроприводах (ЕП) є вибір раціонального закону автоматичного регулювання машин і механізмів. Тому, важливим завданням є вивчення способів регулювання в АПК з урахуванням статичних і динамічних режимів роботи асинхронних двигунів (АД). Проаналізувавши пускові режими роботи робочих машин в сільськогосподарській галузі можна отримати їх якісні механічні характеристики.

Метою роботи є визначення робочих машин і механізмів, які застосовуються в АПК, де доцільно використовувати тиристорне керування з урахуванням вимог технологічного процесу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В теперішній час в сільському господарстві застосовуються синхронні і асинхронні електричні машини. Синхронні машини використовуються, як правило, в якості генераторів змінного струму на електростанціях, а асинхронні - як електродвигуни. Відомо, що автоматизація сільськогосподарських виробничих процесів зв'язана з електрифікацією сільськогосподарського виробництва. Тому, альтернативною задачею для більшості електроприводів сільськогосподарських машин є забезпечення плавності пуску.

Як показують дослідження на основі сучасної науково-технічної літератури, що альтернативним технічним рішенням є використання тиристорного регулятора напруги в замкнених або розімкнених системах керування пуском привода.

Основні матеріали дослідження. Одна з ефективних можливостей підвищення надійності і економічності роботи електроприводів з асинхронними двигунами пов'язана з використанням в їх структурах тиристорних пускових пристроїв, так званих м'які пускачі. Тиристорний пусковий пристрій (ТПП) являє собою спеціалізований регулятор напруги змінного струму з фазовим керуванням, призначений для регулювання напруги на статорі асинхронного двигуна при незмінній його частоті.

Склали модель електропривода в програмному пакеті MatLab 6.0, отримали осцилограму напруг АД в різні проміжки часу при живленні від тиристорного регулятора.

Висновки та результати. Склали модель електропривода в програмному пакеті MatLab 6.0, отримали осцилограму напруг АД в різні проміжки часу при живленні від тиристорного регулятора. Вирішивши системи диференціальних рівнянь, з раніше заданим законом зміни величин вхідних параметрів, дозволяє отримати залежності моменту, струму, кутової частоти обертання в функції часу при незмінному значенні навантаження на валу машини. Досліди дозволили отримати позитивні результати для масштабного використання запуску ЕП у функції soft start.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергоиздат, 1982. – 220 с.
2. Studref.com. Тиристорные пусковые устройства в электроприводах с асинхронными двигателями.



ПОКРАЩЕННЯ ЛОГІСТИЧНИХ МАРШРУТІВ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ НА ПТАХОФАБРИЦІ

Дешко М. О. магістр e-mail: [tardis111111111@gmail.com](mailto:tardis111111111@gmail.com)

Науковий керівник д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Подальший розвиток підгалузі птахівництва, що є однією з найважливіших в економіці країни, потребує якісних перетворювань, які можуть підвищити конкурентоспроможності сільськогосподарського виробництва та продовольчу безпеку держави. Відповідно до «Стратегії розвитку... до 2025 року» передбачається збільшення поголів'я м'ясо-яєчних курей до 64 % від загальної чисельності, а поголів'я курей-несучок вітчизняної селекції в господарствах населення довести до 48,4 млн гол., що дасть можливість збільшити середню несучість до 135 шт яєць/гол., а за сезон на 27 % та вихід м'яса – майже на 29 % [1].

Основна концентрація поголів'я розподілена серед 11 птахофабрик «мільонників» України, особливість яких, є розміщення пташників по 10-12 шт на одну зону і розділених на 10 зон, між якими, як правило, 5-8 км, що загалом складає 100-120 приміщень. Служба головного енергетика для якісного обслуговування електротехнічного має відповідну ремонтну базу, яка розміщена на центральному відділенні. Тобто, для проведення капітальних ремонтів обладнання необхідно його транспортувати до ремонтної бази. При визначенні оптимальних маршрутів виникають складності при плануванні холостих поїздок, на які впливають тривалість рейсів до місць завантаження, наявність спеціального транспорту, вантажність автомобіля, ін. [2]. Для оптимізації перевезень електротехнічного обладнання на птахофабриці вирішуємо транспорту задачу лінійного програмування на основі схеми оптимальних маршрутів серед 4-х зон, рис. 1, де  $A_1$  – ремонтна база,  $A_2$  – гараж,  $B_1..B_4$  – місця розміщення зон, які розміщені на певній відстані.

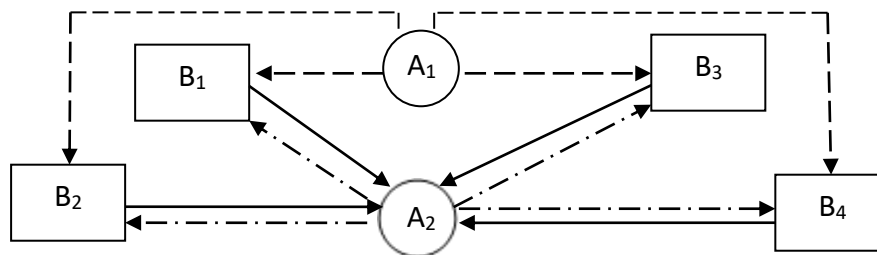


Рисунок 1 - Схема виконання 4-х оптимальних маршрутів:

← пробіг з вантажем; ← · · · · · холостий пробіг; ← - - - - нульовий пробіг

Система обмежень по кількості холостого пробігу –  $B_j$  ( $j=1, \dots, 4$ ):

$$x_{11} + x_{21} = B_1, \quad x_{12} + x_{22} = B_2,$$

$$x_{13} + x_{23} = B_3, \quad x_{14} + x_{24} = B_4.$$

Система обмеження по кількості завантажених пробігів –  $A_1$  і  $A_2$ :

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} = A_1,$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} = A_2.$$

Тоді, загальний холостий пробіг повинен бути мінімальним, що відповідає цільовій функції:

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m l_{ij} x_{ij} \sim \min$$

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. акад. НААН Я. М. Гадзала, М. І.Бащенко, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка – К.: Аграр.наука, 2016. – 216 с.

2. Алдошин Н. В. Оптимизация маршрутов при сборке техники на утилизацию / Н. В. Алдошин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №6. – С.25-28

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ В АКТИВНИХ  
РОБОЧИХ ОРГАНАХ ПРИ ОБРОБЦІ ГРУНТУ

Дмитрієв Д. В., магістр, e-mail: [dimonddv4@gmail.com](mailto:dimonddv4@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

В останні роки сільське господарство України досягло стабільної позитивної динаміки і все більше нарощує обсяги виробництва продукції. Внаслідок збільшення обсягів виробництва високодохідної експортно-орієнтованої зернової продукції (пшениця, кукурудза, соняшник, ріпак, ін.) спостерігається поступове збільшення об'ємів вирощування. За останні роки валовий збір зерна досягнув 56.64 млн т, однак, відповідно затвердженій програми «Стратегія розвитку...» передбачається поетапне і послідовне зростання внутрішнього валового продукту держави шляхом збільшення виробництва зерна до 75..80 млн т [1].

Проте, основна загроза, яка постала перед селянами та агрофірмами, це загроза деградації ґрунтів, тому, доцільно впроваджувати ощадні технології обробки землі та зменшити кількість проходів сільськогосподарської техніки. Тому, доцільно застосувати активні робочі органи, які дозволять значно знизити механічний вплив на поверхню ґрунту за рахунок скорочення руху машин для виконання технологічних операцій (боронування, посів, збір врожаю, підготовка ґрунту до наступного посіву, ін.). Суттєвою відмінністю активних робочих органів від пасивних, полягає в тому, що вони можуть виконувати різні, як по швидкості так і по напрямку руху по відношенню до напрямку руху ґрунтооброблювального агрегату [2].

Сутність запропонованого підходу полягає в тому, що при роботі агрегату застосовуються активні робочі органи, виконані у вигляді ножових роторів, які приводяться в рух асинхронним двигуном потужністю 30..37 кВт. Ротори двигуна розміщені над рухомим розпушувальними лапами. Живлення двигунів отримують від синхронного генератора потужністю 200 кВА, частотою живлення 50 Гц [3].

Реалізація запропонованого способу побудови активних робочих органів найбільш ефективно може бути реалізований при обробці похилих ділянок землі, коли агрегат, з метою зниження розвитку водної ерозії повинен рухатись упоперек ділянки, а виконавчих органів – у повздовжньому. Одним з показників якості виконання робіт обробки ґрунту є коефіцієнт фронтальної щільності обробки ґрунту: – для агрегату з пасивними робочими органами

$$k_{\text{пас}} = B \cdot n_{\text{пас}} / b_{\text{ор}}, \quad (1)$$

– для орудія з активним робочим органами

$$k_{\text{акт}} = B \cdot n_{\text{акт}} \sqrt{1 + \beta^2} / b_{\text{ор}} \quad (2)$$

де  $B$  – ширина захвата робочого органа, м;  $n_{\text{пас}}$ ,  $n_{\text{акт}}$  – кількість пасивних і активних робочих органів, шт;  $b_{\text{ор}}$  – ширина захвату одного робочого органу, м;  $\beta$  – кінематичний параметр, який залежить від швидкості руху агрегату.

Експериментальні дослідження макетного зразка агрегату з активними робочими органами підтвердили ефективність їх застосування, так, за рахунок збільшення кінематичного параметра агрегату  $\beta$  зменшено загальну масу агрегату і знизило витрати енергії на його переміщення по ділянці землі, зменшило імпульс сили і динамічну складову потужності агрегату, і як результат скоротились питомі витрати палива на обробку ґрунту.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. акад. НААН Я. М. Гадзала, М. І. Баченка, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка – К.: Аграр. наука, 2016. – 216 с.

2. Седашкин А. Н. Орудие с активными рабочими органами / А. Н. Седашкин, А. Н. Тяпкин, А. М. Ленкин // Механизация и электрификация сельского хозяйства – 2010. – №6. – С.10-11.

3. Гаврилюк І. А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній / І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола – Х.: Факт, 2008. – 578 с.

УДК 681.51+621.313.33 (075)

## ЧАСТОТНИЙ АСИНХРОННИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД МЕХАНІЗМІВ КРАНУ

Дорошенко В. С., бакалавр, e-mail: [Vadym.Doroshenko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Vadym.Doroshenko@ieee.khpi.edu.ua)

Карпенко К. І., бакалавр, e-mail: [Kateryna.Karpenko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Kateryna.Karpenko@ieee.khpi.edu.ua)

Літвінов В. Ю., бакалавр, e-mail: [Vladyslav.Litvinov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Vladyslav.Litvinov@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: доц. Обруч І. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

В електроприводах переміщення таких, як електроприводи трамваїв, тролейбусів, залізничних локомотивів, кранів (переміщення та підйому) та ін., найбільш розповсюджені двигуни постійного струму послідовного збудження. Цей факт обумовлено деякими його перевагами перед двигунами інших типів. До таких переваг електродвигунів постійного струму послідовного збудження можуть бути віднесені наступні: простота конструкції, висока надійність його роботи, більш високий пусковий момент порівняно з двигунами інших типів постійного струму, який обумовлений підвищеною перевантажувальною здатністю, здатність електродвигуна працювати від джерела змінної напруги та ін.

Перелічені переваги двигуна постійного струму послідовного збудження й обумовлюють області його застосування у промисловості та транспорті. Однак, слід зазначити, що більшість використовуваних систем керування таким типом двигуна – це розімкнені системи, найчастіше, побудовані на релейно-контакторних панелях керування різних типів (силових, магнітних та ін.). В теперішній час, виникла гостра необхідність в модернізації цих приводів. Це обумовлено тим, що одним із основних недоліків вище вказаних електроприводів з релейно-контакторним керуванням є досить високі втрати у силових ланцюгах двигуна, за рахунок того, що послідовно з обмоткою якоря встановлюються додаткові активні опори, необхідні для регулювання швидкості механізму, на якому встановлено цей двигун. Крім того, побудова замкнених систем керування такими електродвигунами ускладнено із-за особливостей їх конструкції.

В сучасних умовах, при проведенні модернізації старих електроприводів та адаптації їх до нових вимог, що постійно змінюються, недостатньо простої заміни на новий двигун, або електродвигун іншого типу, заміни релейно-контакторних панелей іншими розімкнутими системами керування на базі тиристорних або транзисторних перетворювачів. Крім того, при спробі синтезу замкненої системи керування електродвигуном постійного струму послідовного збудження виникають додаткові проблеми, обумовленні конструктивними особливостями двигуна такого типу.

Як наслідок, в умовах сучасного розвитку науки і техніки, при виконанні робіт по модернізації старих електроприводів з електродвигуном постійного струму з послідовним збудженням та при розробці нових, необхідно переходити до побудови замкнених систем керування з асинхронним короткозамкненим двигуном. Асинхронні короткозамкнені двигуни мають наступні переваги перед двигунами постійного струму: більш високий ККД, менші втрати енергії, більш найкращі масо-габаритні показники, більш дешеві, простіші методики синтезу замкнених систем керування на базі системи перетворювачі частоти – асинхронний короткозамкнений двигун та ін. За допомогою замкнених систем керування електроприводом йому можливо додавати нові властивості, які недоступні для розімкнених систем, підвищити якість керування, економити електроенергію тощо. Для цього можна застосовувати різні методики, наприклад методики мехатроніки [1] – галузі науки і техніки, яка заснована на синергетичному об'єднанні вузлів точної механіки з електронними, електротехнічними та комп'ютерними компонентами, що забезпечують проектування та виробництво якісно нових механізмів, машин та систем з інтелектуальним керуванням їх функціональними рухами.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. W. Bolton. Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering. – Pearson: Harlow, 2015.– 664 p.

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ СТАНУ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Дяченко Ю. Б., магістр, e-mail: [diachenko.yurii@ukr.net](mailto:diachenko.yurii@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Максимально ефективно використання асинхронних двигунів (АД) у сільському господарстві ускладнено через їхню невисоку надійність, пов'язану з великою кількістю відмов унаслідок аварійних ситуацій та важких умов експлуатації. Для оцінки працездатності АД пропонуються наступні методи діагностування електродвигунів.

При інструментальному методі діагностування АД випробовують при номінальних показниках: номінальному навантаженні і температурі навколишнього середовища, її хімічному складі, рівні вібрації та навантаженні на підшипники, числі пусків, реверсів і гальмування. Ізоляція обмоток електричних машин піддається також перевірці на електричну міцність при підвищеній по відношенню до номінальної напрузі. До недоліків інструментальних методів можна віднести необхідність часткового розбирання під час проведення окремих випробувань та перерву у роботі устаткування.

Сучасні методи вібраційної діагностики базуються на аналізі вібрації працюючих машин та обладнання. Ці способи дозволяють виявляти більшість можливих неполадок в машинах, заздалегідь до виникнення аварійної ситуації. Основні недоліки цих методів дорожнеча, не універсальність, а також неможливість контролю стану ізоляції обмотки електричної машини, що є найчастішою несправністю АД. Існуючі теплові методи діагностування АД дозволяють визначити параметри теплових процесів, що відбуваються в електродвигуні при порушеннях нормальних режимів роботи. До недоліків теплових методів відносять складність реалізації контролю стану рухомих елементів, необхідність встановлення датчиків у важкодоступних місцях та тривалість. Віброакустичні методи діагностики засновані на вимірі віброакустичних параметрів корпусу машини та її вузлів, що рухаються. Дані методи дозволяють виявити дефект, що розвивається, на дуже ранній стадії, що дає можливість прогнозувати аварійну ситуацію і обґрунтовано планувати терміни ремонту обладнання. Як основні недоліки методів слід зазначити: низьку захищеність від перешкод акустико-механічного характеру; складність діагностичного завдання; проблема виявлення джерел підвищеної віброактивності; складність акустичного сигналу.

Методи спектрального аналізу фазних струмів засновані на виявленні в спектрі струму, що споживається електродвигуном характерних частот певної величини, відповідних конкретному типу пошкодження. Дані методи дозволяють отримати достовірну інформацію про вид дефекту та ступінь його розвитку. Однак, через появу хибних гармонік які виникають в електричній мережі, спотворюються результати діагностики. У цілому нині розглянуті методи діагностування АД дозволяють отримати інформацію про стан окремих вузлів, але не дають кількісної оцінки працездатності електродвигуна загалом. Для вирішення цього питання існують евристичні (інтуїтивні) методи оцінки технічного стану, що ґрунтуються на експертних оцінках. Під експертними методиками розуміють комплекс логічних та математико-статистичних процедур, спрямованих на отримання від фахівців інформації, її аналіз та узагальнення з метою підготовки та вибору раціональних рішень. З цього розробляється комплексний показник, що дозволяє кількісно оцінити технічний стан АД з урахуванням його якісних показників. Спосіб дозволяє оцінювати технічний стан АД як у період експлуатації, так і після ремонту на підставі комплексного діагностування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Губаревич О. В. Надійність і діагностика електрообладнання: Підручник/О.В. Губаревич – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. – 248 с.
2. Чорний О.П. Моніторинг і діагностика електромеханічних об'єктів : навчальний посібник / О. П. Чорний, Ю. В. Зачепа, В. К. Титюк, О. А. Чорна – Кременчуг : ЧП Щербатых А. В., 2019. – 122 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ В  
КОРМОПРИГОТУВАЛЬНИХ ЦЕХАХІльютченко Р. О., магістр, e-mail: [roman.ilyutchenko@ukr.net](mailto:roman.ilyutchenko@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Електродвигуни технологічних машин кормоцехів з переробки сільськогосподарської сировини, працюють у складних і важких умовах: невідповідність навантаження номінальним даним електродвигуна, низька якість електроенергії, обмежена пропускна здатність сільських електричних мереж, недостатня потужність трансформаторів, запиленість навколишнього повітря, недостатня кваліфікація обслуговуючого персоналу. До технологічного процесу, що має найбільш несприятливі умови роботи, відноситься кормоприготування, а саме: подрібнення, змішування та гранулювання.

Характер навантаження подрібнювачів та дробарок різкозмінний. Пов'язано це з тим, що вологість і фізико-механічні властивості сировини різні. Одна з причин виходу електродвигунів з ладу – тривале технологічне перевантаження. Крім того, з продуктом подрібнення іноді надходять сторонні предмети, що призводять до поломки механізму та заклинювання валу електродвигуна. Надійність роботи змішувачів переважно знижується від виходу з ладу електродвигунів лопатевих мішалок. Найчастіше це відбувається в результаті попадання в ємність сторонніх предметів. Надійність роботи приводних електродвигунів грануляторів залежить від ступеня завантаження преса вихідним продуктом, який зазвичай контролюється візуально по амперметру і має різко змінний характер. Звідси одна з причин виходу з ладу електродвигунів - тривале технологічне перевантаження. Запуск преса з неочищеною від сировини камерою пресування може призвести до поломки запобіжних штифтів. Залишені в матриці зволожені гранули сприяють зтяжному пуску електродвигуна.

Для кожного двигуна, незалежно від його потужності, має бути передбачений електричний захист. Тут потрібно мати на увазі наступні обставини. З одного боку, захист потрібно налаштувати з урахуванням пускових і гальмівних струмів двигуна, які можуть в 5-10 разів перевищувати його номінальний струм. З іншого боку, враховувати випадки коротких замикань, наприклад при виткових замиканнях, замиканнях між фазами поблизу від нульової точки обмотки статора, замиканнях на корпус усередині двигуна і т. п., коли захист повинен спрацьовувати при струмах, менших пускового струму. Одночасне виконання цих суперечливих вимог за допомогою простих і дешевих засобів захисту представляє великі труднощі. Тому система захисту низьковольтних асинхронних двигунів будується при свідомому допущенні, що при деяких зазначених вище пошкодженнях в двигуні останній відключається захистом не відразу, а лише в процесі розвитку цих ушкоджень, після того як значно зросте струм двигуна. Одне з найважливіших вимог до пристроїв захисту двигунів - чітка дія при аварійних і ненормальних режимах роботи і разом з тим неприпустимість помилкових спрацьовувань.

Для підвищення експлуатаційної надійності нерегульованих електроприводів дробарок, грануляторів, подрібнювачів та змішувачів кормів, пропонуємо замінити теплові реле РТЛ на пристрій УВТЗ-5М, який контролює температуру в середині двигуна і вимикає його тільки у випадку аварійного перегрівання, таких як: тривале перевантаження, важкий пуск неприпустимої тривалості, неповнофазний режим живлення, низька якість електроенергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дацишин О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: навч. посібник / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздєв та ін. / За ред. О.В. Дацишина. - Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.
2. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лаврінченко, І.П. Ільчов, Ю.М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.



СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ НА ОСНОВІ  
ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ.

Косімчук М. Ю., e-mail: [maxim.kosimchuk1444135@gmail.com](mailto:maxim.kosimchuk1444135@gmail.com)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Сорокін М. С.

Державний біотехнологічний університет

Системи керування електричними двигунами є необхідною складовою в сучасних автоматизованих системах. Системи автоматизованого керування електроприводом можуть бути покращені за допомогою застосування нейромереж. Нейромережі - це математичні моделі, що імітують роботу нейронів в мозку людини. Вони можуть бути використані для розв'язання задач у різних галузях, включаючи автоматизоване керування електроприводом.

Одним з напрямків застосування нейромереж в системах автоматизованого керування електроприводом є прогнозування стану обладнання. Нейромережі можуть бути навчені на основі історичних даних про роботу обладнання, включаючи частоту використання, навантаження і режим роботи. Навчена нейромережа може бути використана для прогнозування термінів потреби обслуговування та ремонту обладнання.

Іншим напрямком застосування нейромереж може бути автоматизація раціону годування великої рогатої худоби. На основі нейромережевого програмування система автоматично формує та виготовляє раціон від певних вхідних параметрах. У якості таких параметрів можна застосувати вік ВРХ, масу, спосіб утримання та мету відгодівлі. Виходячи із заданих параметрів система автоматичного керування, складає раціон відгодівлі по відповідним рецептурі виходячи із потреби худоби. Також запропонована система може отримувати поточні фізіологічні параметри та вносити певні зміни в раціон для досягнення максимального результату при оптимальних витратах на раціон.

Основним елементом системи є змішувач, в який залиті всі необхідні кормові інгредієнти. Змішувач кормів виконує функцію забезпечення однорідного змішування всіх інгредієнтів.

Для автоматизації системи керування використовуються програмовані контролери, які регулюють роботу змішувача та вагового дозатора. Контролери обробляють інформацію про поточний стан системи та забезпечують підтримку необхідного рівня кормів у змішувачі. Крім того, в системі присутній ваговий дозатор, що дозволяє визначити точну кількість кормів для змішування та підтримувати необхідний рівень відповідності пропорцій.

Подальші розробки в даному напрямку можна направити на формування відповідного раціону як усього стада там і окремої тварини. Цього можна легко досягнути особливо при прив'язному утриманні.

Застосування нейромереж в системах автоматизованого керування електроприводом дозволяє забезпечити більш точне та стабільне керування обладнанням, знизити ризик виникнення аварій та збільшити продуктивність роботи електроприводу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хандола Ю. М., Назаренко О. Ю., Сорокін М. С., Сухін В. В. Підвищення енергоефективності змішування кормів у лопатевих кормозмішувачах. *Perspectives of science and education*, (2019) 356.

2. Хандола Ю. М., Сорокін М. С., Гузенко В. В., Величко І. А. "Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни:" Автоматизація промислових установок та технологічних комплексів"." (2019). ХНТУСХ ім. П Василенко.

## СИНТЕЗ СИСТЕМИ СПІЛЬНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

Кузнецов В. Р., бакалавр, e-mail: [vladyslav.kuzniesov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:vladyslav.kuzniesov@ieee.khpi.edu.ua)

Сушко Р. Р., бакалавр, e-mail: [roman.sushko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:roman.sushko@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: доц. Аніщенко М. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Механічна система маніпулятора як об'єкта керування характеризується:

- типом і числом переносних та орієнтуючих робочий орган ступенів рухливості;
- типом і розміром робочої зони, в рамках якої переміщається робочий орган.

Як об'єкт дослідження розглядається промисловий робот для укладання виробів на палети моделі CP300L фірми Kawasaki вантажопідйомністю 300 кг [1].

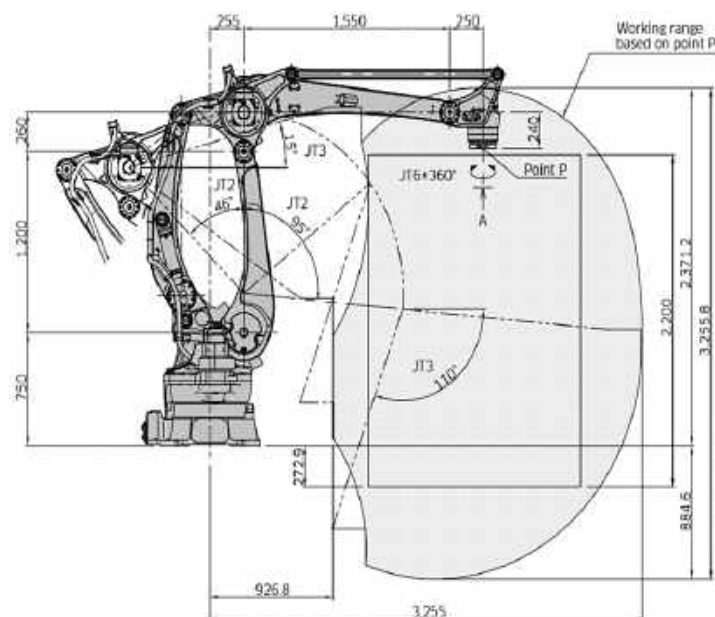


Рисунок 1 – Схема робочої зони робота CP300L

Механічна система маніпулятора є нестационарною. Важливою її властивістю є взаємозв'язаність ступенів рухливості, тобто вплив їх один на одного [2]. Зміна параметрів навантаження механічної системи маніпулятора відбувається при зміні її конфігурації під час переміщення робочого органу за програмною траєкторією та при зміні маси вантажу.

Під час проектування приводів ступенів рухливості спочатку виконується синтез кожного окремого приводу. Взаємний вплив ступенів рухливості враховується запровадженням діапазонів зміни інерційних характеристик навантаження та максимального моменту навантаження. Наступний етап синтезу полягає в застосуванні засобів динамічної корекції, що забезпечують область параметрів необхідної якості керування системи приводів при спільному русі.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kawasaki Robotics/Palletizing Robots CP series. URL: <https://kawasakirobotics.com/robots-category/palletizing/> (дата звернення: 17.03.2023).
2. Richard P Paul. Robot manipulators: mathematics, programming and control. The computer control of robot manipulators. URL: [https://kupdf.net/download/mit-press-series-in-artificial-intelligence-richard-p-paul-robot-manipulators-mathematics-programming-and-control-the-computer-control-of-robot-manipulators-mit-press-1981-pdf\\_58ff9a61dc0d60f67d959ecd\\_pdf](https://kupdf.net/download/mit-press-series-in-artificial-intelligence-richard-p-paul-robot-manipulators-mathematics-programming-and-control-the-computer-control-of-robot-manipulators-mit-press-1981-pdf_58ff9a61dc0d60f67d959ecd_pdf) (дата звернення: 17.03.2023).

## ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ ПЛАВНОГО ПУСКУ ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРІВ ПТАХІВНИЧИХ ПРИМІЩЕНЬ

Ладний Б. Б., магістр, e-mail: [Hhsndrrjdj79@gmail.com](mailto:Hhsndrrjdj79@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Сотнік О. В.

Державний біотехнологічний університет

Сучасний електропривод майже неможливий без використання технічних засобів для енергозбереження, керування його режимами тощо. Використання пристроїв плавного (ППП) пуску супроводжується зниженням навантаження на підстанцію живлення підприємств, зменшенням пускових струмів двигунів, подовженням терміну роботи їх обмоток. PPP для привода вентиляторів доцільно використовувати при запуску потужного асинхронного двигуна (може виникнути значний струмовий удар, який може перевантажити мережу, пошкодити обладнання та спровокувати аварії), при необхідності плавного підняття швидкості обертання вентилятора (дозволяють плавно збільшувати швидкість обертання, що дозволяє уникнути великих навантажень на обладнання та забезпечити економію електроенергії), при необхідності захисту вентилятора та інших електричних приладів від перевантажень та коротких замикань (дозволяють автоматично вимикати електричний прилад у разі виникнення небезпечної ситуації), при необхідності підтримання постійної швидкості обертання вентилятора при зміні навантаження (дозволяють регулювати швидкість обертання вентилятора залежно від навантаження, що дозволяє підтримувати постійні параметри вентиляційної системи).

Приміщення для утримання птиці дуже потребують дотримання норм повітрообміну. Для привода вентилятора у приміщенні пташника можна скористатись PPP Altistart 48, який має наступні функції: спеціальний алгоритм керування моментом; підтримка моменту, що розвивається двигуном під час прискорення та уповільнення (значне зменшення ударних навантажень); простота налаштування прискорення при розгоні і пускового моменту; можливість закорочення пристрою за допомогою обхідного контактора після закінчення пуску з підтриманням електронних захистів (функція «байпас»); великий допустимий діапазон зміни частоти при живленні від електроагрегатів; можливість підключення пускового пристрою до двигуна зі з'єднанням обмоток трикутником, послідовно з кожної обмоткою. Функції захисту двигуна та механізму: вбудований непрямий тепловий захист двигуна; обробка інформації з терморезисторів (позисторів); контроль часу запуску; попереднє нагрівання двигуна; захист від недовантаження і перевантаження у сталому режимі. Основними налаштувальними функціями пристроїв плавного пуску є номінальний струм двигуна, струм обмеження, час розгону (прискорення), початковий пусковий момент і вибір типу зупинки. Номінальний струм пристрою може бути налаштований на номінальне значення струму двигуна. Діапазон налаштування: 0,4...1,3 номінального струму пускового пристрою. Діапазон настройки максимального значення пускового струму: 150–700 % номінального струму двигуна з обмеженням на рівні 500 % максимального усталеного струму, визначеного для типорозміру пускового пристрою. Під час розгону пусковий пристрій забезпечує двигуну певний закон зміни моменту. Для привода вентилятора PPP Altistart 48 може забезпечити обмеження пускового струму на рівні 300 % від номінального значення та час пуску двигуна 10-40 с.

Отже, застосування PPP Altistart 48, для вентиляції пташника може бути корисним, забезпечуючи ефективну та безпечну роботу вентилятора, а також комфортні умови для птахів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пристрої плавного пуску. Переваги використання. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://t.ly/IJE7>

2. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с.

ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ SCHNEIDER ELECTRIC ATV 11  
ДЛЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОРМОПОДРІБЛЮВАЛЬНОЇ МАШИНИ  
ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Лічман О. В., магістр, e-mail: [o.lichman@gmail.com](mailto:o.lichman@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Сотнік О. В.  
Державний біотехнологічний університет

Асинхронні трифазні електродвигуни з короткозамкненим ротором відомі своїм дуже високим ККД (на рівні 80 – 90 % та вище), простотою конструкції та дешевизною. Це зробило їх дуже розповсюдженими у промисловості та сільському господарстві. Але одним з найбільш енерговитратних процесів є їх розгін: для виходу на необхідну швидкість двигуну варто забезпечити підвищений момент, що призводить до зростання струму і, відповідно, квадратичного збільшення електричних втрат. Особливо це важливо для приводів кормоподріблювальних машин, яке вимагають налаштування швидкості обертання ножів або молотків для досягнення потрібного рівня подрібнення, регулювання потоку корму для забезпечення ефективної роботи машини та запобігання перевантаження та можуть мати важкі пускові режими.

Невід'ємною частиною регульованого електропривода є керований силовий перетворювач, який забезпечує плавне регулювання швидкості електричних двигунів шляхом перетворення фіксованих значень напруги і частоти мережі на величини, що змінюються [1]. Перетворювачі частоти (ПЧ) характеризуються відповідними принципами побудови і роботи, критеріями вибору і захисними функціями. Використання ПЧ забезпечує економічні способи регулювання швидкості і моменту електродвигунів змінного струму.

Для покращення роботи кормоподріблювальної машини фермерського господарства з метою економії електроенергії, зниження зносу обладнання, зменшення шуму та покращення якості подрібнення кормів доцільно використати в електроприводі ПЧ Altivar фірми Schneider Electric ATV 11 [2]. Ці ПЧ призначені для керування швидкістю обертання трифазних асинхронних двигунів потужністю від 0,18 до 2,2 кВт з короткозамкненим ротором і напругою живлення 100–240 В. Діапазон частот: від 0 до 1000 Гц. Кількість фаз: 1-фазний або 3-фазний. Коефіцієнт потужності ( $\cos \varphi$ ): 0,98. Коефіцієнт перевантаження: 150% при 60 секундах, 200% при 3 секундах. Доступність моделей з IP20, IP21, IP54 або IP55 захистом від пилу та вологи. Призначені для роботи з температурою навколишнього середовища:  $-10...+40^{\circ}\text{C}$ ;  $-10...+50^{\circ}\text{C}$ : при видаленні верхньої кришки перетворювача; до  $60^{\circ}\text{C}$  при зниженні номінального струму на 2,2 % на кожний  $1^{\circ}\text{C}$  вище  $50^{\circ}\text{C}$ ; зберігання:  $-25...+65^{\circ}\text{C}$ . Векторне керування. Вбудований захист від короткого замикання та перевантаження. Можливість підключення до мереж з різним типом заземлення. Підтримка комунікаційних протоколів, таких як Modbus, Ethernet, Profibus, DeviceNet та інші. Перетворювач відрізняється надійністю, компактністю та простотою введення в експлуатацію.

Отже, застосування ПЧ Altivar фірми Schneider Electric ATV 11 для електропривода кормоподріблювальної машини фермерського господарства може забезпечити точне та стабільне регулювання швидкості обертання електродвигунів, знизити енергоспоживання та підвищити ефективність роботи обладнання, зменшуючи ризик виникнення аварій та збільшуючи термін його служби.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с.

2. Каталог частотних перетворювачів Schneider Electric [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL: <https://t.ly/ZZMC>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ  
ЧАСТОТНОГО МЕТОДУ РЕГУЛЮВАННЯ  
АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ НА ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВКАХ

Максименко О. С., Левченко М. Д., e-mail: [maksimenko25@ukr.net](mailto:maksimenko25@ukr.net)

Науковий керівник: к.т.н., ст.викл. Гузенко В. В.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі. Серед різноманітного електротехнічного обладнання, що використовується для передачі і розподілу енергії основну роль грають асинхронні двигуни. Вони споживають близько 70% всієї електроенергії. Необхідність регулювання швидкості асинхронних двигунів виникла з появою самих електродвигунів. Тому, забезпечивши необхідний аналіз способів регулювання можна отримати підвищений економічний ефект та плавний пуск двигуна.

Сучасна напівпровідникова техніка дає можливість створювати потужні, компактні, надійні статичні перетворювачі частоти на основі керованих вентилів. Такі перетворювачі дозволяють одночасно регулювати частоту і величину вихідної напруги плавно і в широких межах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи характер зміни навантаження господарських машин, встановлено, що більшість їх половини мають момент з квадратичною залежністю від частоти обертання. В зв'язку з цим, розглядаючи методи регулювання частоти обертання цих машин, визначено, що необхідно одночасно регулювати напругу і частоту по закону таке регулювання значно збільшує коефіцієнт потужності, коефіцієнт корисної дії, коефіцієнт добротності. Дослідами встановлено, що втрати енергії зменшуються 20-25%.

Мета дослідження. Встановити, що для сільськогосподарських машин і механізмів з вентиляторним моментом опору, найбільш ефективно використовувати частотний метод регулювання. Додатково досліджений вплив регулювання частоти обертання на термін служби та міцність механізмів з вентиляторним моментом опору.

Основні матеріали дослідження. Для зняття характеристик і досліджень ефективності частотного методу регулювання використовували перетворювач частоти РЕН 2-3,7 і вентилятори типу ВО-7.

Висновок. У процесі дослідження була розроблена модель системи керування АД з короткозамкненим ротором у програмі Mathlab Simulinc. З використанням багатьох науково-технічних джерел встановлено, що регулювання частоти обертання частотним методом, дає можливість підтримати оптимальні енергетичні показники. Як показує дослід, даний метод регулювання частоти є найбільш перспективним для сільськогосподарських машин з квадратичною залежністю моменту опору від частоти обертання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Булгаков А. А. Частотное управление асинхронными двигателями. – М.: Энергоиздат, 1982. – 220с.
2. Беспалов В. Я. Перспективы создания отечественных электродвигателей нового поколения для частотно-регулируемого электропривода, – М.: МЭИ (ТУ), 2005.
3. Синявський О. Ю. Электропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лаврінченко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.



## УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ В ЕЛЕКТРОРЕМОНТНОМУ ЦЕХУ

Марченко В. В. бакалавр, e-mail: [vovamarces7@gmail.com](mailto:vovamarces7@gmail.com)

Науковий керівник д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Кодекс законів про працю України регулює трудові відносини всіх працівників сприяючи зростанню продуктивності праці, поліпшенню якості роботи, підвищенню ефективності суспільного виробництва і піднесенню на цій основі матеріального і культурного рівня життя людини, зміцненню трудової дисципліни [1].

Мікроклімат робочих приміщень, зокрема, електроремонтного цеху або пунктів технічного обслуговування електротехнічного обладнання характеризують температура, вологість і наявність шкідливих сполук у повітрі. Вказані фактори, якщо спостерігається їх перевищення, негативно впливають на здоров'я робітників, внаслідок чого може знижуватись продуктивність праці електромонтерів та інженерного персоналу [2]. Відповідно існуючим нормативним документам та санітарним нормам регламентуються наступні температурно-вологісні показники повітря: оптимальна температура – 17..18 °С (допустима 15..22 °С), оптимальна вологість 40..60 % (допустима 15..75 %). Покращити мікроклімат шляхом зменшення шкідливих речовин, виділення надлишкової вологості, виключення різкого перепаду температури та появи виникнення протягів в приміщенні електроремонтного цеху можливо за рахунок удосконалення роботи вентиляційної установки [3].

Досягнути сформульованої мети пропонується за рахунок встановлення частотно-регульованого електроприводу вентиляторів з можливістю регулювання частоти обертання і відповідно швидкості руху повітря в цеху в залежності від температури повітря. Проведені експериментальні дослідження параметрів мікроклімату в електроремонтному цеху агрофірми показали, що значення їх параметрів в значній мірі залежить від сезону року і температури зовнішнього середовища. Причому, в існуючому варіанті встановленої вентиляційної установки регулювання температурного режиму відбувалось шляхом вмикання/вимикання вентиляторів або відкривання входних дверей. На рис. 1 наведено залежність температури ( $T_{прим.}$ ) від частоти відкривання дверей ( $n_{від}$ ) для різних сезонів року.

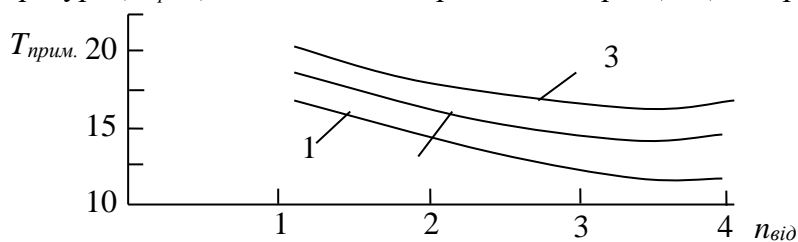


Рисунок 1 – Зміна температури в цеху:  
1 – взимку; 2 – весна, осінь; 3 – влітку

Для реалізації запропонованого способу регулювання швидкості обертання вентиляторів встановлюють 3 датчики температури по приміщенню, які підключаються до контролера, встановленого в колі керування перетворювача частоти.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кодекс законів про працю України: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
2. Основи охорони праці. Навчальний посібник. За ред. М. Л. Лисиченко / М. М. Кірієнко, М. П. Кунденко, І. А. Черепньов, С. О. Вамболь, ін. – Х.: ТОВ «Планета-прінт», 2020. – 216 с.
3. Горшков Ю. Г. Улучшение микроклимата рабочих помещений / Ю. Г. Горшков, Д. В. Потемкина, М. С. Дмитриев, Н. А. Старикова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №6. – С.27-28.

## ПРИЧИНИ ПОРУШЕННЯ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ СПОЖИВАЧІВ

Марченко С. Ю., студент, e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Чорна М. О.

Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень та публікацій. З аналізу аварій на діючих підприємствах витікає, що аварії є наслідком тієї причини, що при проектуванні підприємств і систем їх електропостачання не враховувалися дії короткочасного порушення електропостачання (КПЕ) на споживачів.

Мета досліджень. Запропонувати шляхи зниження порушень роботи промислових споживачів.

Основні матеріали досліджень. Труднощі у сфері проектування зводяться до наступного:

1) роботи по проектуванню заходів, що перешкоджають виникненню і усуненню КПЕ, виходять за рамки завдань, що традиційно вирішуються при проектуванні систем електропостачання підприємств;

2) проектування протиаварійних заходів вимагає аналізу перехідних процесів, як в мережі, так і в приймачах електроенергії;

3) для виконання таких розрахунків потрібна інформація про параметри устаткування і систем захисту і автоматики, як на самому підприємстві, так і в системах електропостачання;

4) нормативи проектування, що розробляються проектними організаціями, охоплюють тільки типові завдання;

5) критерії вибору рішень, що враховують інтереси споживачів, не розроблені.

В той час, коли закладалися вимоги до облаштування електроустановок і електропостачання, рівень автоматизації виробництва був нижчий, ніж зараз, і виробництво, в основному, було чутливе до порушень живлення на тривалий час. Під час аварійного режиму виробництво зупинялося, але при відновленні живлення персонал підприємства швидко відновлював нормальну роботу.

Можливі підходи до вирішення проблеми. Існують наступні групи протиаварійних заходів: 1) зниження інтенсивності і числа збурень в системі електропостачання; 2) зниження чутливості споживача до короткочасних порушень електропостачання.

До протиаварійних заходів першої групи відносяться такі способи, як усунення причин підвищеної пошкоджуваності живлень, реконструкція підстанцій оснащених віддільниками і короткозамикачами, прискорення дії релейних захистів при аварійних ситуаціях та ін.

До протиаварійних заходів другої групи відносяться усі засоби, що підвищують стійкість електродвигунів при зниженій напрузі, що забезпечує їх автоматичний повторний пуск, запобігаючи відключення електроприймачів під час КПЕ і ін. Вибір протиаварійних засобів, вирішальним чином залежить від конкретних технологічних процесів і технічних рішень тих, що використовуються на підприємстві, складу електроприймачів, допустимих перерв живлення та ін. У більшості випадків заходи, віднесені до другої групи, приносять відчутніший ефект при менших витратах.

Висновки. Сучасний рівень розвитку техніки дозволяє відокремитися від енергосистеми вставкою постійного струму, яку можна доповнити з боку споживача надпровідниковим індукційним накопичувачем. Таке поєднання пристроїв може виключити негативний вплив енергосистем і забезпечить надійність електропостачання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/92bbd320-2c3f-4a8e-ad20-79c3896d6e41/content>

Процес змішування сипучих матеріалів є складним механічним процесом, механізм дії якого залежить головним чином від конструкції змішувача, фізико-механічних властивостей компонентів і динамічних режимів роботи.

Процес конвективного змішування в перші моменти йде з великою швидкістю, що видно з графіку залежності  $V = f(t)$ , показаного на рисунку 1. Процесу конвективного змішування відповідає ділянка I кривої. На ділянці конвективного змішування швидкість процесу майже

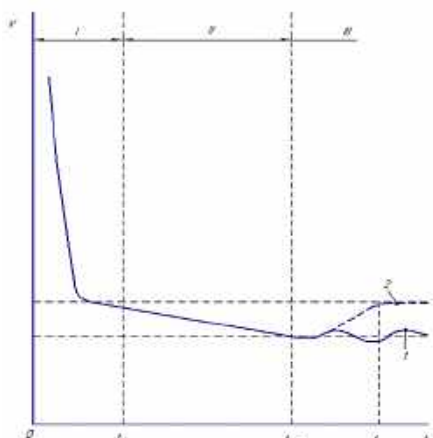


Рисунок 1 - Графічна залежність середньоквадратичного відхилення концентрації контрольного компонента в масі основного компонента від тривалості змішування

не залежить від фізико-механічних властивостей суміші, так як процес змішування йде на рівні макрооб'ємів. Після того як компоненти будуть в основному перерозподілені по робочому об'єму змішувача, процеси конвективного і дифузійного змішування стають по їх впливу на загальний процес змішування співставними.

У цей час процес перерозподілу часток йде вже на рівні мікрооб'ємів. Починаючи з деякого моменту процес дифузійного змішування стає переважаючим (II ділянка кривої). Більш помітний вплив на хід процесу змішування починає чинити сегрегація частинок. Два протилежних процеси: сегрегація і дифузійне змішування можуть у певний момент часу, що залежить від конструкції змішувача і фізико-механічних властивостей суміші, врівноважитися. Після цього моменту подальше перемішування не має сенсу, так як якість суміші залишається постійною (III ділянка, крива

1). У деяких випадках вказана рівновага процесів настає дещо пізніше того моменту, коли якість суміші була найкращою. Цьому випадку відповідає пунктирна крива 2. У першому випадку (крива 1) час настання рівноваги  $t_p$  збігається з часом досягнення найкращої якості  $t_{opt}$ : у другому ж (крива 2)  $t_p > t_{opt}$ . Швидкість перерозподілу окремих частинок (II і III ділянок) залежить не тільки від характеру потоків руху матеріалу в змішувачі, але і від фізико-механічних властивостей частинок: їх розміру, стану поверхні, маси, відносного ваги, адгезійних сил тощо. З цієї причини швидкість дифузійного процесу для різних сумішей в одному і тому ж змішувачі неоднакова, як неоднакові значення  $t_p$  та  $t_{opt}$ .

При виборі змішувача, необхідно провести математичне моделювання процесу змішування, на основі аналізу фізико-механічних властивостей сумішей. Для різноманітних потоків матеріалу, які можуть виникнути в реальних апаратах, можна підібрати математичну модель з так званих типових моделей. Найбільшого поширення серед дослідників отримали наступні типові математичні моделі структури потоку матеріалу: моделі ідеального витіснення та ідеального змішування, дифузійна модель, осередкова модель і комбіновані моделі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кошелев А. Н. Производство комбикормов и кормовых смесей / А. Н. Кошелев, Л. А. Глебов. – М.: Агропромиздат, 1985. – 176 с.
2. Снявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Снявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

СИСТЕМА ВИРІВНЮВАННЯ ВИХІДНИХ СТРУМІВ ПАРАЛЕЛЬНО ПІДКЛЮЧЕНИХ  
МІКРОЛЕКСТРОСТАНЦІЙМірошніченко А. С., бакалавр, e-mail: [artem22288810@gmail.com](mailto:artem22288810@gmail.com)

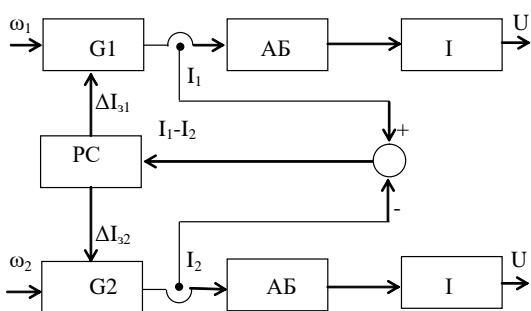
Науковий керівник: д.т.н., проф. Щербак Я. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Паралельна робота мікроелектростанцій (МЕС) для набору необхідної потужності в колі навантаження є економічно доцільною. Особливо це є доцільним для широких змін потужності кола навантаження [1]. У такому випадку виникає проблема вирівнювання вихідних струмів паралельно підключених МЕС.

У роботі розглядаються система, яка структурно складається із МЕС на базі генератора постійного струму незалежного збудження, навантаженням якого є послідовне з'єднання, акумуляторна батарея і інвертор напруги. Застосування електричної або на постійних магнітах системи збудження генератора впливає на архітектуру паралельної структури.

На рисунку представлено узагальнена функціональна схема системи паралельної роботи двох (може бути більше) МЕС. Вихідна напруга кожної із МЕС формується генераторами G1 і G2. Величини вихідних струмів генераторів контролюються датчиками струму  $I_1$ ,  $I_2$ . Із аналізу вихідних струмів генераторів визначається їх розбіжність, яка регулятором струму РС визначає поправки  $\Delta I_{31}$  і  $\Delta I_{32}$  струмів збудження генераторів.



Узагальнена схема системи вирівнювання струмів.

На рисунку представлено узагальнена функціональна схема системи паралельної роботи двох (може бути більше) МЕС. Вихідна напруга кожної із МЕС формується генераторами G1 і G2. Величини вихідних струмів генераторів контролюються датчиками струму  $I_1$ ,  $I_2$ . Із аналізу вихідних струмів генераторів визначається їх розбіжність, яка регулятором струму РС визначає поправки  $\Delta I_{31}$  і  $\Delta I_{32}$  струмів збудження генераторів.

В усталеному режимі при умові ідентичності параметрів паралельних каналів вихідний сигнал суматора дорівнює  $I_1 - I_2 = 0$ .

При невиконанні умови ідентичності характеристик паралельних каналів на виході суматора формується сигнал  $\Delta I = \pm(I_1 - I_2)$ .

Сигнал, який прямо пропорційний розбіжності якірних струмів, через регулятор струму РС подається на входи систем збудження генераторів. Регулятор РС визначає характеристики системи вирівнювання струмів в усталеному та динамічних режимах.

У роботі одержані, із застосуванням математичних моделей, аналітичні залежності, що визначають протікання динамічних процесів у системі вирівнювання струмів паралельно підключених МЕС.

Результати експериментальних досліджень запропонованої системи, які виконані із застосуванням імітаційної моделі в середовищі MATLAB підтверджують теоретичні моделі.

При застосування в МЕС генераторів із системою збудження на сталих магнітах архітектура системи вирівнюється. В якості регульованих елементів застосовується інвертори напруги І [2]. Датчики струмів підключають до виходів інверторів. В якості регулятора РС застосовується аперіодична ланка. Стала часу регулятора вибирається із умови мінімального впливу на контур регулювання вихідної напруги інвертора для забезпечення їх динамічної сумісності.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Khadem, S. K. Basu, M., Conlon, M. Parallel Operation of Inverters and Active Power Filters in Distributed Generation System: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2011. – Vol.15. – P. 5155– 5168.

2. Кодекс систем розподілу [Електронний ресурс] // НКРЕКП. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text>.

## ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВКАХ

Монастиршов О. О., бакалавр, e-mail: [alexeikatin@gmail.com](mailto:alexeikatin@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Сучасні умови роботи енергетичної системи України спонукають до необхідності впровадження заходів щодо суттєвої економії електроенергії. Спостерігається, нажаль, в ряді випадках, невідповідність структури норм питомих витрат електроенергії на одиницю продукції, що приводить до безконтрольного споживання енергії. Актуальною є робота по розробці норм витрат електроенергії та організації контролю за рівнем споживання, проведення аналізу енергетичного балансу та визначення напрямків по економії по всіх напрямках виробничих процесів на підприємствах, зокрема і в агропромисловому комплексі [1].

Аналіз господарської діяльності агрофірм показав, що витрати електроенергії вентиляційними установками в переважній кількості технологічних процесах є значними і в деяких випадках складає до 20 % від загального обсягу споживання. Скорочення споживання електроенергії вентиляційним обладнанням можливо досягнути завдяки реалізації наступних заходів: – заміна електроприводів вентиляторів, які мають завантаження менше 70 %; – використання ефективних способів регулювання частоти обертання вентилятора, наприклад, частотне регулювання – економія до 30 %; – використання теплових завіс на вході у виробниче приміщення – економія до 10 %; – оптимізація режиму роботи з умови виключення роботи вентилятора в періоди перерви – економія до 15 %; – автоматизоване керування завдяки використанню програмованого мікроконтролера та датчика температури – економія до 25 % [2].

Так, найбільш перспективний спосіб зниження споживання електроенергії у вентиляційній установці є зміни частоти обертання валу робочого колеса вентилятора [3]. Економія електроенергії при цьому можна визначити, як:

$$\Delta E = \frac{(Q_1 H_1 \eta_1 - Q_2 H_2 \eta_2) t}{102 \eta_1 \eta_2 \eta_e \eta_c \eta_p} \quad (1)$$

де  $Q_1$  і  $Q_2$  – подача вентилятора до і після зміни режиму його роботи, м<sup>3</sup>/с;  $H_1$  і  $H_2$  тиск вентилятора до та після зміни режиму;  $\eta_1, \eta_2$  – ККД – вентилятора до і після зміни режиму;  $\eta_b, \eta_c, \eta_p$  – ККД – електродвигуна, передачі, розподільчої мережі;  $t$  – час роботи, с.

В якості технічної реалізації пропонується використати в колі живлення електричного двигуна перетворювач частоти, який керується контролером з підключеними датчиками температури. Наявність контролера дозволить регулювати частоту обертання по встановленій програмі або з можливістю відгуку на зміну температури в приміщенні.

Крім того, застосувавши додатково датчики швидкості руху повітря в місцях розміщення робочих зон електроремонтного цеху дозволить знизити імовірність утворення сквозняка, що завадить можливим захворюванням електромонтерів.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розвиток інфраструктури та Євроінтеграція. Режим доступу: <https://mtu.gov.ua/content/rozvitok-infrastrukturi-ta-evrointegraciya.html>
2. Корчемний М. Енергозбереження а агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань – Тернопіль: Вид-во «Підручники і посібники», 2001. – 984 с.
3. Голодний І. М. Регульований електропривод / І. М. Голодний, Ю. М. Лаврінченко, В. В. Козирський, ін. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. – 509 с.



ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ПІДТРИМАННЯ МІКРОКЛІМАТУ В ПРИМІЩЕННЯХ  
ДЛЯ УТРИМАННЯ ТВАРИННазаренко А. С., магістр, e-mail: [Nazarenkoandreu90@gmail.com](mailto:Nazarenkoandreu90@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Оптимальний мікроклімат в тваринницьких приміщеннях можна забезпечити шляхом використання спеціального опалювально-вентиляційного обладнання з автоматичним керуванням. Для отримання високої продуктивності тварин використовують комплексні системи мікроклімату, які включають у себе вентиляційні установки, повітрянагрівники, зволожувачі, а також фільтри для очистки повітря від пилу та мікроорганізмів.

Теплові завіси - агрегати повітряно-опалювальні, призначені для створення потоку нагрітого або холодного повітря по всій площі віконного або дверного отворів, дозволяє значно знизити теплові витрати при відкритих дверях, підтримують комфортну температуру всередині приміщення. Електрокалорифери з ТЕНами та відцентровим вентилятором призначені для підігріву повітря у сушильних камерах, в яких повітряний потік рухається по замкненому контуру, а також для нагнітання теплого повітря у систему припливної вентиляції тваринницьких приміщень. Водяні електрокалорифери служать для підігріву повітря у опалювально-вентиляційних системах, та в системах кондиціонування повітря, в приміщеннях із великим об'ємом. Теплові пушки – промислові повітряно-опалювальні агрегати, призначені для обігріву приміщень у якості додаткового джерела тепла.. Теплоventилатори – промислові переносні повітряно-опалювальні агрегати, призначені для основного або допоміжного обігріву приміщень. При відключенні нагрівального елемента агрегати можуть працювати у режимі вентилятора, забезпечуючи направлений потік повітря. Канальні нагрівники призначені для підігріву повітря у припливних системах вентиляції. Теплогенератори серії ГТГ призначені для повітряного опалення і вентиляції виробничих приміщень тваринницьких та птахівницьких ферм і комплексів, а також можуть використовуватися для обігріву інших будов і споруд. Електрокалорифери серії СФОЦ призначені для роботи в системах підігріву повітря і вентиляції сільськогосподарських приміщень.

Дослідження досвіду застосування автоматизованих систем управління показує, що на етапі проектування системи досить складно вибрати єдиний критерій управління: температура повітря, відносна вологість, повітрообмін, швидкість руху повітря, хімічний склад повітря, рівень забрудненості повітря пилом. Тому в системі управління має існувати можливість оперативно задавати ряд критеріїв під час експлуатації, причому методи цих завдань у наочній формі повинні відображати фізичні, економічні та технічні вимоги до системи. Таким чином, сучасна система управління повинна дозволяти задавати не тільки один із вищеперелічених критеріїв управління або їх комбінацію, але й будь-який, що виникає в процесі виробництва, надаючи зоотехніку широкі можливості у виборі методу підтримки температурно-вологого режиму в приміщенні. Приміщення для утримання тварин є середовищем, що динамічно змінюється, і стан багато в чому залежить від інтенсивності сонячного освітлення, температури та вологості повітря, напряму та швидкості вітру. Грамотне і правильне управління цими параметрами є складним завданням і включає певні розходи, але в результаті дозволяє отримати вигоду, яка в багато разів перевищує витрати.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Баланин В. И. Зоотехнический контроль микроклимата в животноводческих и птицеводческих помещениях. – 2 – е изд., перераб и доп. / В. И. Баланин. – Л.: Агропромиздат, 1988. – 144 с.
2. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лаврінченко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ НАСОСІВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ  
АКВАКУЛЬТУРИ В САДКАХ

Найденко В. О., магістр, e-mail: [mr.mobster92@gmail.com](mailto:mr.mobster92@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Галузь тваринництва, в якій формується близько 30 % валового сільськогосподарського виробництва, займає важливе місце в аграрному комплексі економіки України, а її розвиток залишається важливою умовою продовольчої безпеки, сталого соціально-економічного стану держави та суттєвим резервом експорту сільськогосподарської продукції. Ресурсний потенціал комплексного розвитку рибного господарства становить близько 1,5 млн га внутрішніх водойм, зокрема: понад 900 тис га різного типу водосховищ, до 400 тис га лиманів і озер, близько 70 тис га ставків у спеціалізованих рибних господарствах та понад 100 тис га невеликих руслових ставків. Останнім часом розвивається новий напрямок високоінтенсивної індустріальної аквакультури осетрових риб, для якого важливою є якість проточної води в басейнах та комплексна водопідготовка в установках замкнутого водопостачання. При цьому, продуктивність аквакультури в значній мірі залежить від надійної роботи насосів, які забезпечують підтримання певної швидкості оновлення об'єму води в басейні протягом всього періоду вирощування для підтримання встановлених біохімічних показників [1].

З метою підвищення ефективності роботи насосів застосовують декілька способів: - заміна застарілих малопродуктивних насосів; - підвищення ККД насосів до паспортних значень; - підвищення завантаження насоса; - зменшення опору трубопроводів; - запровадження регульованих режимів роботи; наприклад, в залежності від кількості спожитої води, ін. Проведений аналіз вказаних способів – виявив, що найбільш ефективним, з умови мінімальних фінансових витрат і одночасно високої надійності та ефективності застосовують раціональне регулювання режимом роботи насоса. Відомі декілька варіантів реалізації вказаної задачі, а саме: – за рахунок встановлення напірних задвижок; – зміна кількості робочих насосів; – зміна частоти обертання електроприводу насос [2].

Найбільш ефективним технічним рішенням при реалізації останнього варіанта регулювання вважається застосування частотно-регульованого електроприводу насоса. Для цього була розроблена віртуальна модель асинхронного двигуна в пакеті програм *Simulink* і *Power System Blockset*. Для дослідження умов пуску та регулювання електроприводу насоса була використана головна бібліотека *Simulink/Sinks*. Параметри асинхронної машини частково були взяті з паспортних даних двигуна, а частково, розраховувались на підставі параметрів схеми заміщення [3].

Відкривши пакет програми, заносили у поля вікна наступні дані двигуна: – тип ротора; – систему відліку часу при аналізі; – потужність та номінальні діючі значення лінійної напруги і частоти; – параметри схеми заміщення статора і ротора; – параметри кола намагнічування; – момент інерції; – кількість пар полюсів; – коефіцієнт в'язкого тертя; – початкові умови для моделювання (ковзання, положення ротора, струми статора).

В результаті проведеного моделювання отримали графіки перехідних процесів струмів ротора і статора, швидкості, значення електромагнітного моменту двигуна в реальному часі, порівняльний аналіз яких підтвердив ефективність застосування частотно-регульованого електроприводу насоса.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / За ред. акад. НААН М. І. Башенка – К.: Аграр. наука, 2017. – 160 с.
2. Корчемний М. Енергозбереження а агропромисловому комплексі / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань – Тернопіль: Вид-во «Підручники і посібники», 2001. – 984 с.
3. Голодний І. М. Моделювання регульованого електропривода / І. М. Голодний, Ю. М. Лаврінченко, Л. С. Червінський – К.: Аграр. Медіа Груп, 2013. – 227 с.

АНАЛІЗ СПОСОБІВ УПРАВЛІННЯ РОБОТАМИ І МАНІПУЛЯТОРАМИ

Плахотник А. К., магістрант, e-mail: [VVS11101992@gmail.com](mailto:VVS11101992@gmail.com)

Науковий керівник: ст.викл. Сухін В. В.

Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми. З часом способи управління маніпуляторами, роботизованими системами і комплексами стають більш різноманітнішими. Це обумовлюється розширення виробничих задач, які потребують вирішення застосуванням промислових роботів. У зв'язку із цим виникає потреба у формуванні узагальнених оглядів в даному напрямку для ґрунтовного інформаційного забезпечення інженерів-робототехніків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Провівши пошук літературних джерел, встановлена відсутність вичерпних аналізів сучасних способів управління промисловими роботами. Таким чином, поставлена задача дослідження є актуальною.

Мета роботи. Провести аналіз існуючих способів управління промисловими роботами і маніпуляторами за для максимально повного інформаційного забезпечення інженерів-робототехніків.

Основні матеріали дослідження. Способи управління роботами та маніпуляторами полягають у ряді процедур, які можна розділити на три етапи: планування дій, завдання переміщення, відпрацювання переміщення.

Планування дій використовується в адаптивних, супервізорних та автоматичних роботах в одному з таких варіантів:

- програмування операцій завданням заздалегідь обумовлених дій за допомогою послідовності спеціалізованих команд;
- програмування операцій алгоритмічною мовою управління роботів;
- програмування операцій на універсальній алгоритмічній мові;
- зазначення узагальненої мети в рамках потужної проблемно-орієнтованої мови інтелектуального робота.

Завдання переміщень може здійснюватися одним з наступних способів:

- завдання переміщення окремих шарнірів людиною-оператором;
- завдання переміщення робочого органу маніпулятора людиною-оператором від рукояток в тій чи іншій системі координат;
- завдання кінцевої цільової точки маніпулятора тим чи іншим способом з її безпосереднім відпрацюванням системою, що стежить;
- завдання дискретної послідовності точок у вигляді чисел з їх запам'ятовуванням та подальшим відпрацюванням слідкуючою позиційною системою;
- проведення робочого органу маніпулятора по дискретній послідовності точок з їх запам'ятовуванням і подальшим відпрацюванням слідкуючою позиційною системою;
- завдання кінцевої цільової точки маніпулятора з побудовою траєкторії руху в цю точку.

Відпрацювання переміщень здійснюється одним із трьох способів:

- за допомогою аналогових регуляторів приводів із заздалегідь постійно налаштованими коефіцієнтами регуляторів;
- за допомогою цифрових регуляторів приводів із заздалегідь постійно налаштованими коефіцієнтами регуляторів;
- за допомогою цифрових регуляторів приводів із коефіцієнтами регуляторів, що оперативно розраховуються [1].

Висновки. В результаті проведеного дослідження визначені етапи процедур, які полягають в способах управління роботами та маніпуляторами, а також розглянуті їх варіанти реалізації.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шахинпур М. Курс робототехніки: підручник. М.: Мир, 1990. – 528 с.

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПИЛОРАМИ ЗАВДЯКИ ВПРОВАДЖЕННЮ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗІ СКАЛЯРНИМИ СИСТЕМАМИ КЕРУВАННЯ.

Повелиця О. В., Якименко В. М. студенти, e-mail: [lydvignormaienn@gmail.com](mailto:lydvignormaienn@gmail.com)

Науковий керівник: ст. викл., к.т.н. Міленін Д. М.

Державний біотехнологічний університет

Більшість компаній, що працюють в галузі деревообробки, використовують пилорами як основну виробничу потужність [1]. Дискові пилорами прохідного типу, також відомі як круглопилні верстати, призначені для розпилювання колод. Перевагою таких пилорам є відсутність необхідності в кантуванні та переустановці колод на пилорамі, що значно знижує трудовитрати та підвищує продуктивність [2].

Метою роботи є дослідження систем перетворювач частоти - асинхронний двигун для дискової пилорами та компенсацією моменту.

Проаналізовано систему скалярного управління координатами асинхронного частотно-регульованого електроприводу дискової пилорами. Використання системи автоматичного керування призвело до покращення технічних показників, у тому числі точності та надійності роботи, а також розширеного діапазону регулювання.

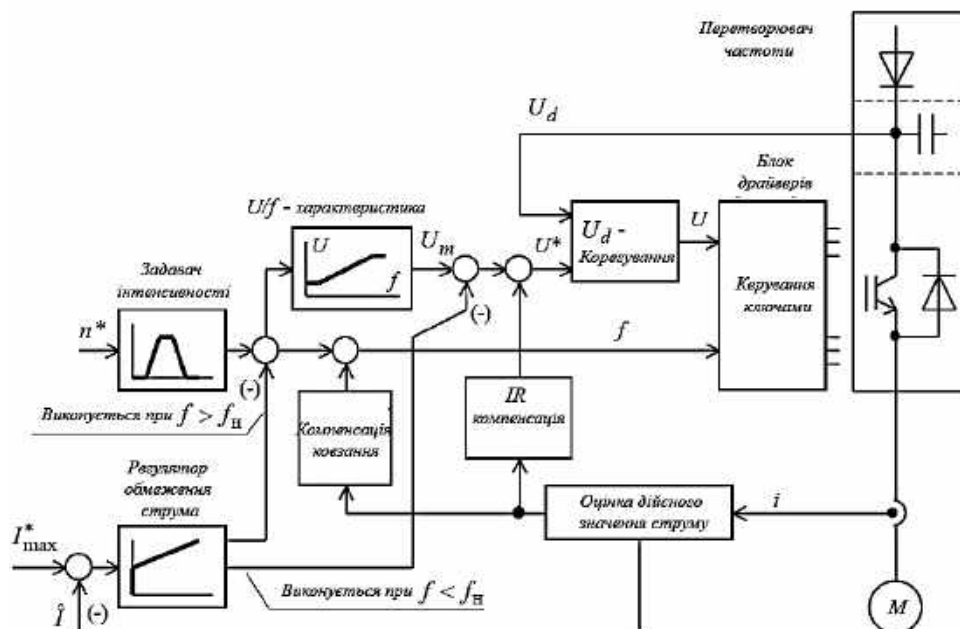


Рисунок 1 – Функціональна схема асинхронного електропривода зі скалярним частотним керуванням без використання датчика швидкості.

При регулюванні швидкості електроприводу з діапазоном більше 1:10 або жорстких вимог до динаміки роботи, для найбільш ефективного управління рекомендується використовувати системи векторного управління без використання датчиків швидкості.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Tumuluru J. S., Wright, C. T., Hess, J. R. (2019). Productivity and cost of mobile sawmilling the hardwoods of Arkansas, USA. *Forests*, 10, 968.
2. Литвиненко, В., Пархоменко, А., Медведева, А. (2019). Дослідження режимів роботи дискової пилорами з частотно-регульованим електроприводом. *Техніка, енергетика, транспорт Придніпров'я*. – № 1(93). – С.157-162.
3. Ащеулов, С., Бровкин, А., Воронин, А. (2018). Оптимізація електроприводу в дискових пилорамах. *Електротехніка та електромеханіка*. – № 6. – С.84–87.

СИСТЕМА ВИРІВНЮВАННЯ СТРУМІВ ТЯГОВИХ ДВИГУНІВ ЕЛЕКТРОВОЗУ

Пугач О. С., бакалавр, e-mail: [Pugacholeg02@gmail.com](mailto:Pugacholeg02@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Щербак Я. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Умовою підвищення експлуатаційних властивостей і ефективності електричного транспорту є забезпечення синхронної роботи тягових двигунів. У тяговому електроприводу з реостатними системами керування це досягається підбором тягових двигунів, які мають близькі між собою характеристики. Це викликає проблеми які пов'язані як із самим процесом підбору двигунів, так і зміною їх параметрів в процесі експлуатації, що позначається на розбіжності споживаємих двигунами струмів.

Заміна традиційних реостатно-контактних систем регулювання тягового електроприводу на системи імпульсного регулювання дає можливість створення ефективних систем вирівнювання споживаємих двигунами тягового електроприводу.

На рис.1 наведена модель замкнутої системи вирівнювання струмів тягових двигунів послідовного збудження.

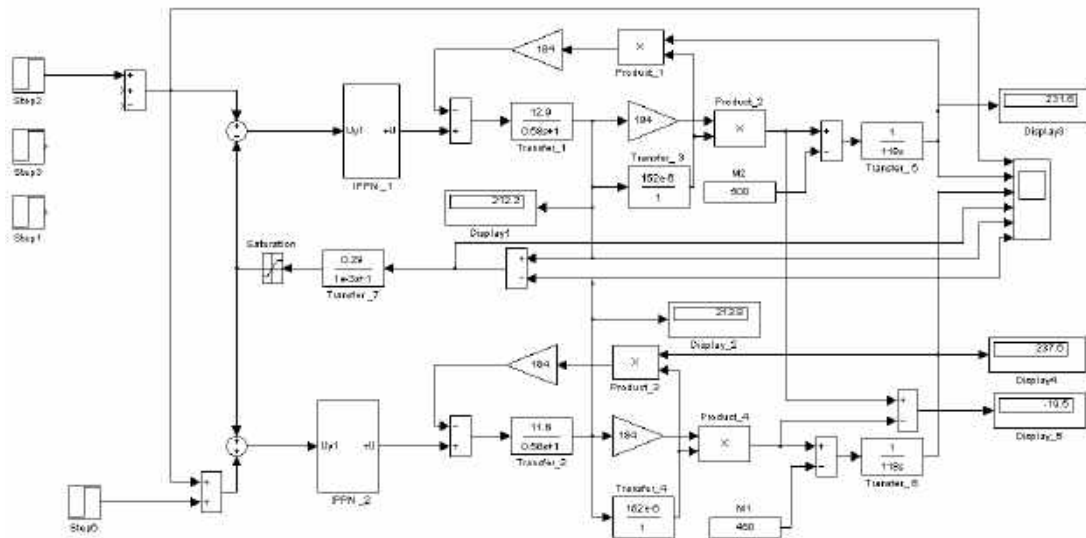


Рисунок 1 - Модель системи вирівнювання струмів тягових двигунів.

Дана система побудована на принципі «коромисла». В системі виконується зрівняння струмів двигунів які формуються на виходах елементів Transfea1 і Transfea2 (Display1, Display2), і подаються на вхід регулятора Transfea7. На виході регулятора формуються корегуючі поправки які додаються на керуючі входи імпульсних перетворюючих постійної напруги IPPN1 і IPPN2. Регулятор визначає динамічні властивості системи і похибку регулювання. На Display3, Display4 відображаються швидкості двигунів, а на Display5 – розбіжності моментів.

В таблиці наведені результати порівнянь розімкнутої і замкнутої системи вирівнювання, які дають можливість визначити її ефективність.

Таблиця

	$\omega_1$	$\omega_2$	$I_1$	$I_2$	$M_{c1}$	$M_{c2}$	$\Delta M$
Розімкнута	225,4	243,7	210,5	215,5	450	500	-58,75
Замкнута	231,6	237,6	212,2	213,6	450	500	-19,5

Позначення в таблиці:  $\omega$  –швидкість, I–струм,  $M_c$ –момент спротиву,  $\Delta M$ –розбіжка моментів



## МОДЕЛЮВАННЯ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СТРІЧКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА

Приходько В. О., студент, e-mail: [rikoshet4000@gmail.com](mailto:rikoshet4000@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Радько І. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Найпоширенішим механізмом на будь-якому великому виробництві являється конвеєр та конвеєрні системи. У тому чи іншому вигляді конвеєрні системи існують практично на кожному серійному виробництві або великому складі. Тому введення автоматизованого електропривода (особливо в агропромисловому комплексі, як найменш автоматизованій галузі народного господарства нашої країни) є центральним питанням при механізації та автоматизації технологічних процесів. При цьому значна частина функцій у частині конвеєра й адаптації його механізмів під конкретні умови експлуатації лягає на електронну систему управління, одним із основних завдань якої є оптимальний пуск конвеєра, контроль основних параметрів та глибока діагностика режимів його роботи.

Дана робота присвячена дослідженню питань модернізації системи електропривода стрічкового конвеєра, здійснено аналіз обладнання конвеєра і режими його роботи, розраховано потужність і вибрано електричний двигун, силовий перетворювач, систему керування; змодельовано роботу системи електропривода; проведено аналіз впливу системи управління як однієї з компонентів, з метою зменшення перевантажень, що виникають у механізмах конвеєра при його пуску з використанням двошвидкісних асинхронних електродвигунів.

Вдосконалено методику керування електроприводом стрічкового конвеєра за рахунок використання пристроїв плавного пуску, що дасть змогу значно покращити динаміку їх пуску.

Вдосконалено системи приводу стрічкових конвеєрів на основі підвищення ролі інформаційного компонента в системі управління.

Дістав подальший розвиток метод запуску, як одного двигуна, так і всіх приводів багатодвигунного стрічкового конвеєра, що дасть змогу отримати результати, які дозволять у подальшому відпрацювати модель стрічкового конвеєра, що дозволяє на стадії проектування задавати необхідні алгоритми функціонування з урахуванням реальних умов експлуатації - в частині довжини конвеєра, кута нахилу, встановленої потужності і кількості електроприводів, планованих вантажопотоків тощо.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість / [Г. М. Калетнік, М. Г. Чаусов, В. М. Швайко та ін.]. – Київ: «Хайт-Тек Прес», 2013. – 528 с.
2. Спиваков А. О. Теория ленточных конвейеров – М.: «Машиностроение», 1978. – 346 с.
3. Двигуни. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ventilator.ua/category/asinhronnye-elektrodvigateli-obshepromyshlennye/>

ОЦІНКА НАСЛІДКІВ ВІДМОВ ЕЛЕКТРОБЛАДНАННЯ  
НА ТВАРИННИЦЬКІЙ ФЕРМІРадченко Р. К., магістр, e-mail: [rostikradcenko94@gmail.com](mailto:rostikradcenko94@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Розвиток сільської енергетики, зокрема електрифікації та автоматизації технологічних процесів, відбувався з деякими відхиленнями від закономірностей науково-технічного прогресу, що вимагають гармонічного поєднання широкого впровадження нової техніки і формування вимог до експлуатаційних заходів. Тобто, мало відчутна на початку, вказана невідповідність згодом стала відчутною в процесі її подальшого використання. З іншого боку, на сьогоднішній день зношення основного електрообладнання енергосистем дорівнює 60..70 %, і як показує статистичний аналіз темпи зростання складають 2..6 % на рік від загальної кількості [1].

Нажаль, досвід експлуатації силового і комутаційного електрообладнання в умовах тваринницької ферми з хімічно-активним середовищем надає підстави щодо складності роботи і обслуговування, а також із-за фізичного та морального старіння обладнання, імовірність аварійних ситуацій стає достатньо високою. Тобто, експлуатація встановленого електротехнічного обладнання на фермі стає ризикованим, що приводить до виникнення технологічних відмов, аварій, які інколи супроводжуються пожежами та руйнуваннями робочих машин і механізмів [2].

При експлуатації встановленого обладнання важливою задачею є, з одного боку, оцінка ризику виходу з ладу окремих одиниць електрообладнання, а з іншого, необхідно знати величину ризику зниження надійності виконання технологічного процесу на фермі при відмовах електрообладнання.

Для вирішення сформульованої задачі доцільно розробити математичну модель прогнозування зміни технічного стану і залишкового ресурсу електрообладнання тваринницької ферми, яка дозволить визначити ймовірність виходу параметрів за допустимі значення та вжити заходів щоб знизити ризик відмови та попередньо провести технічне обслуговування та при необхідності провести поточний ремонт.

Ризик виникає тільки тоді, коли параметри технічного стану перевищують нормовані значення, тому при експлуатації такого електрообладнання майже завжди виникає небезпека для обслуговуючого персоналу та тварин, а інколи і для навколишнього середовища. Для того, щоб врахувати кількісну оцінку ризику  $R$  необхідно визначити ризик, як добуток величини події будь якої події  $W$  імовірність можливості її появи  $Q$ , приведені до часу  $t$ :

$$R(t) = W(t) \cdot Q(t) \quad (1)$$

В якості  $W$  можна використовувати вартість наслідків на одну подію (*тис грн*), а мірою можливості появи події служить ймовірність її появи [3].

У випадку, коли достатніх вибірок спостережень немає для коректного підтвердження того чи іншого закону розподілення або спостерігаються об'єкти, які не можна назвати однорідними, доцільним є використання нечітких множин.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лут М. Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / М. Т. Лут, О. В. Мірошник, І. М. Трунова – Х.: Факт, 2008. – 438 с.
2. Брагінець М. В. Практикум з дисципліни інноваційні технічні системи у тваринництві / М. В. Брагінець, О. А. Науменко, О. В. Нанка, Т. М. Брагінець – Х.: Дисса, 2021. – 378 с.
3. Костерев Н. В. Нечеткие алгоритмы оценки технического состояния и прогнозирование остаточного ресурса электрооборудования / Н. В. Костерев, Е. И. Бардик // Збірник наук. праць ДонНТУ. Серія «Електротехніка і енергетика» – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – С.65-71.

## МЕТОДИ ПОКРАЩЕННЯ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

Рєпка В. С., e-mail: [vitalj.batkovich@gmail.com](mailto:vitalj.batkovich@gmail.com)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Сорокін М. С.  
Державний біотехнологічний університет

Вітроенергетика є одним з найбільш перспективних напрямків у сфері виробництва електроенергії. Завдяки використанню вітру, який є безкоштовним та джерелом, що не завдає негативного впливу на довкілля, вітроенергетичні установки стають все популярнішими. Однак, для того, щоб забезпечити надійну та ефективну роботу вітроенергетичних установок, необхідно удосконалювати генератори, які є ключовими елементами в системі виробництва електроенергії з вітру.

На сьогодні, для забезпечення надійної та ефективної роботи вітроенергетичних установок, необхідно застосовувати сучасні технології управління та контролю.

Використання автоматизованих систем керування та контролю є одним з найбільш ефективних способів управління вітроенергетичними установками. Такі системи дозволяють контролювати параметри вітру та навантаження на генератор, що дозволяє підтримувати оптимальні режими роботи вітроенергетичної установки та забезпечувати стабільну роботу в умовах зміни параметрів вітру.

Оскільки використання вітроенергетичних установок дуже сильно залежить від погодних умов а саме швидкості та напрямку вітру, то одним із головних факторів стабільності роботи є прогнозування погоди. Це дозволить не тільки ефективно використовувати вітроустановку але й прогнозувати її зупинку при поривах більших за допустимі..

Для прогнозування цих параметрів використовуються різні методи, такі як аналіз статистичних даних, математичні моделі, радіолокаційні системи, супутникові знімки тощо. Найбільш точними є супутникові знімки, оскільки вони дають можливість отримувати інформацію про швидкість та напрямок вітру в різних точках земної поверхні.

Прогнозування погоди дозволяє оперативно адаптувати роботу вітроенергетичної установки до зміни параметрів вітру. Наприклад, якщо передбачається зниження швидкості вітру, то можна підвищити оберти генератора, щоб зберегти оптимальний рівень виробництва електроенергії. З іншого боку, якщо передбачається підвищення швидкості вітру, то можна зменшити оберти генератора, щоб зменшити ризик пошкодження вітроенергетичної установки.

Крім прогнозування погоди, використання сучасних технологій управління дозволяє моніторити роботу вітроенергетичної установки в режимі реального часу. Наприклад, можна вимірювати ефективність генератора, температуру та вібрації обладнання, що дозволяє вчасно виявляти технічні проблеми та вживати заходів для їх вирішення.

Застосування сучасних технологій управління та контролю є важливим аспектом покращення роботи вітроенергетичних установок. Використання автоматизованих систем керування та контролю, серед яких слід особливу увагу приділити прогнозуванню погоди. Це приведе до своєчасного налаштування системи енергопостачання та підвищить стабільність енергопостачання.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи вітроенергетики: підручник / Г. Півняк, Ф. Шкрабець, О75 Н. Нойбергер, Д. Циценков; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. - Донецьк: НГУ, 2015. – 335 с.

2. Ветроэнергетика Украины. [Електронний ресурс] – режим доступу до даних: [http://www.uwea.com.ua/ukraine\\_wind.php](http://www.uwea.com.ua/ukraine_wind.php)

ДОЦІЛЬНІСТЬ ФАЗУВАННЯ ГРУПИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ В УСТАНОВЦІ  
ВИГОТОВЛЕННЯ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПІЛЕТІВ

Садовський І. В., бакалавр, e-mail: [lateral.2001@gmail.com](mailto:lateral.2001@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Проблеми сучасної енергетики спонукають до пошуку нових шляхів енергозабезпечення населення з одного боку і удосконалення технології переробки та удосконалення органічних енергоресурсів, крім вугілля, другого – навіть при достатньо дбайливому його споживанні може закінчитись вже майже через 40..50 років. Одним із найбільш перспективних напрямків розвитку енергетики є використання відновлювальних джерел енергії, в аграрному секторі економіки доцільно розвивати переробку біомаси, яка в класифікації енергоресурсів позначена, як «відновлювальні органічні енергоносії». По оцінкам експертів, при правильній організації репродукції і збору біомаси поряд із удосконаленням технології її переробки частка «енергії біомаси» в загальному об'ємі енергоспоживання значно зросте [1].

Для виготовлення пілетів частіше використовують відходи деревини, яку подрібнюють, а потім висушують в установках барабанного типу АВМ продуктивністю 0,65..1,5 т/год, в якій використовується, в залежності від рівня автоматизації процесу, від 4 до 6 електроприводів [2].

Відомо, що зірка і трикутник є основними видами з'єднання в установках трифазного змінного струму, причому, від послідовності підключення фаз до електричного двигуна або навіть групи двигунів, залежить їх потужність чи напрямок обертання, що може призвести до порушення технологічного процесу або пошкодження [3].

Так, під фазуванням розуміють узгодження з'єднання фаз, однак, задача не вичерпується тільки фазуванням обмоток електродвигуна, треба ще зфазувати з мережею до якої вони приєднуються. Тобто, необхідно запобігти короткому замиканню при з'єднанні декількох споживачів, а й не допустити виникнення між ними вирівнювальних струмів та забезпечити потрібний напрямок обертання двигуна, рис.1.

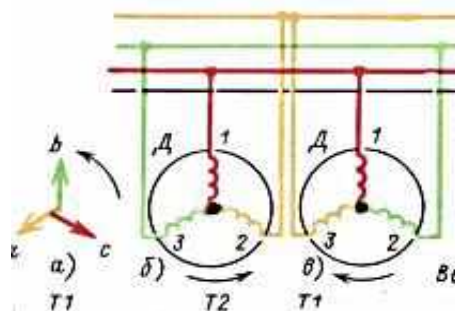


Рисунок 1 – Схеми фазування електричних двигунів

Для електричних двигунів зберігається однаковий напрямок обертання у випадку трьох варіантів приєднання, а саме: *a, в, с*; *в, с, а*; *с, а, в*, і змінюється на зворотній напрямок обертання, якщо у будь якому з цих варіантів поміняти будь які дві фази, наприклад: *a, с, в*; *б, а, с*; *с, в, а*.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кудря С. О. Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії / С. О. Кудря – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 492 с.
2. Соуфер О. Биомасса как источник энергии / О. Соуфер, О. Заборски – М.: Мир, 1985.–375с.
3. Каминский Е. А. Звезда, треугольник, зигзаг / Е. А. Каминский – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 104 с.

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ОРІЄНТАЦІЇ  
ФОТОПАНЕЛІ НА СОНЦЕСаража А. М., магістр, e-mail: [sarasaandrei@gmail.com](mailto:sarasaandrei@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Сучасні фотоелектричних установок (ФЕУ) мають ККД 10..20 % і виробляють за день 1..2 кВт-год електроенергії на 1,0 м<sup>2</sup> робочої поверхні. Максимально ефективний період генерації електричної енергії стаціонарними ФЕУ спостерігається у сонячний день в період з 11:00 до 17:00, а в інші періоди доби не перевищує 25 % від номінально потужності. Основною характеристикою фотопанелі є максимальна потужність генерації електроенергії, що можливо зняти з одиниці площі, зазвичай визначається, як:

$$P_{\phi} = k_{\phi} \cdot I_{\text{кз}} \cdot U_{\text{хх}} \quad (1)$$

де  $k_{\phi}$  – коефіцієнт форми вольт-амперної характеристики;  $I_{\text{кз}}$  – струм короткого замикання, А;  $U_{\text{хх}}$  – напруга холостого ходу, В.

Наведене рівняння (1) справедливе для освітлення фотоелемента випромінюванням будь-якого спектрального діапазону випромінювання, при цьому змінюється лише значення фотоструму, а основними факторами, які впливають на вид вольт-амперної характеристики є температура зовнішнього середовища і рівень освітлення поверхні. Відомо, що максимальне поглинання сонячного променя фотоелементом, відбувається у випадку коли він потрапляє під кутом 90°, а якщо відхиляється в будь-яку сторону, тоді зменшується і величина поглинутої енергії [1].

Зазвичай для підвищення повного ККД фотоелемента до 0,7, його покривають відбивним дзеркальним шаром тильну сторону з метою повернення випромінювання на кристал напівпровідника або поверхню панелі виготовляють текстурованою, щоб збільшити перевідбиття променя. Доведено, що підвищення ККД до 0,9 приводить до підвищення на 20 % ефективності загальної генерації струму у фотоелементі є основною метою удосконалення ФЕУ [2].

Для підвищення ефективності поглинання напівпровідниковим фотоелементом може бути застосування спеціального пристрою, який дозволяє постійно орієнтувати фотопанелі на Сонце, яке протягом дня змінює місце розташування відносно горизонту. Для технічної реалізації запропонованого напрямку підвищення ефективності генерації електричної енергії пропонується використати мікроконтролер, який завдяки наявності фотодатчика, буде формувати сигнал керування роботою сервоприводом, який встановлено на фотопанелі, за допомогою якого реалізується корегування напрямку фотопанелі. Різниця з існуючими установками «tracker – рама поворотною конструкції», є використання вже встановлених фотопанелей з незначною їх доробкою – встановленню індивідуального сервоприводу та фотодатчика [3].

Експериментальні випробування, розробленого діючого макетного зразка установки з автоматичною орієнтацією на Сонце, підтвердили ефективність запропонованого технічного рішення, так період максимальної генерації електричної енергії ФЕУ розширюється на 5 год, а саме період максимальної генерації електричної енергії складає період з 9:00 до 16:00.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кривцов В. С. Неисчерпаемая энергия. Кн. 3 Альтернативная энергетика / В. С. Кривцов, О. М. Олейников, А. Н. Яковлев – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», Севастополь: Севаст. нац. техн. ун-т, 2006. – 643 с.
2. Кудря С. О. Основы конструирования энергоустановок с возобновляемыми джерелами енергії / С. О. Кудря, В. М. Головка – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 184 с.
3. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, ін. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.



## АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАСТЕРІЗАТОРІВ МОЛОКА

Семка.Д. С., студент, e-mail: [Semkanat@i.ua](mailto:Semkanat@i.ua)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю.М.

Державний біотехнологічний університет

Існують різні виконання пастеризаторів: трубчасті, скребкові, пластинчасті, з інфрачервоним нагрівом, ємнісні та інші. Найбільшого поширення набули пастеризатори моделі ПМР 02 ВТ з роторним нагрівачем. Основні переваги установок з роторним нагрівачем: у пастеризаторі з роторним нагрівачем нагрів продукту відбувається безпосередньо, без застосування проміжних теплоносіїв; відсутність секції пастеризації в ПМР 02 ВТ з роторними нагрівачами виключає можливість пригорання продукту і відкладення каменю, накипу; у роторних нагрівачах відбувається часткова гомогенізація (16 ... 20%), покращуючи смакові якості продукту. Завдяки «об'ємному» впливу на продукти в роторному нагрівачі створені умови для повного придушення мікрофлори, що дозволяє істотно збільшити терміни збереження їх якості.

Одним з простих видів апаратів для нагрівання і пастеризації молока є ванни тривалої пастеризації. Нагрівання молока в ваннах тривалої пастеризації здійснюється гарячою водою, що підігрівається парою безпосередньо в сорочці, а охолодження - крижаною водою, що переганяється через сорочку.

Наступним апаратом є універсальний танк він має більш досконалу конструкцію резервуара - теплообмінника для теплової обробки молока та інших рідких харчових продуктів. У порівнянні з ваннами тривалої пастеризації універсальні танки обладнані більш сучасною та ефективною системою нагрівання та охолодження, а також приладами контролю за технологічними параметрами. До недоліків універсальних резервуарів теплообмінників, так само, як і ванн тривалої пастеризації, можна віднести: відсутність рекуперації тепла і постійний контакт продукту з повітряним середовищем.

Витрата пари на пастеризацію 1000 кг молока в ваннах тривалої пастеризації становить 100 ... 140 кг, що в 4,5 ... 5 разів більше, ніж у сучасних пластинчастих установках. Останнє свідчить про низьку економічність ванн тривалої пастеризації і пояснюється тим, що тепло, витрачене на попереднє нагрівання води в сорочці ванни, використовується нераціонально.

Для обробки молока в закритому потоці при високих швидкостях його руху служать трубчасті пастеризаційні установки. Недоліки трубчастих пастеризаційних установок - висока металоємність і великі габаритні розміри в порівнянні з пластинчастими при рівній продуктивності; відсутність секцій для рекуперації теплоти, що знижує економічність роботи і звужує сферу застосування цих теплообмінників.

Більш досконалими для короткочасної пастеризації є пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки типів ОПФ і ОПУ. В установку входить: пластинчастий пастеризатор-охолоджувач, порівняльний бак з поплавком, насос для молока, регулятор рівномірності потоку, сепаратор молокоочищувач, автоматичний клапан для відведення недопастеризованного молока, бойлер для нагріву води, пульт управління і трубопроводи для пари і розсолу з регуляторами тиску і витрат.

Проведений огляд можливих варіантів і апаратів пастеризації молока показав, що пастеризаційно-охолоджувальні установки повинні мати низьку енергоємність теплообмінних процесів, мінімальні геометричні параметри та низьку вартість. Найефективнішими з точки зору зниження енергоємності та часу обробки є пластинчасті пастеризаційно-охолоджувальні установки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бредихин С. А. Технология и техника переработки молока : С. А. Бредихин - М.: Колос, 2006.- 400с.
2. Шаблій Л. М. Технологія переробки молока : навчальний посібник / Л. М. Шаблій – К.: Видавничий дім «Кондор», 2019. – 308 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
ВІБРОРЕШЕТА В УСТАНОВЦІ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНАСердюк І. О., магістр, e-mail: [serdjuk000@gmail.com](mailto:serdjuk000@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Виконання Стратегії дасть можливість збільшити збір зерна у 2025 р. до 80,0 млн т що дасть можливість забезпечити потребу держави у продовольчому та фуражному зерні, а також у сировині для промислової переробки, причому, значна частина валового збору зерна 35,0..40,0 млн т може бути використана для експортних поставок закордон. Слід зауважити, що для забезпечення посіву прогнозованих площ для виконання поставленого завдання необхідно мати щороку до 3,0 млн т високоякісного насіння зернових культур, у тому числі: озимих 1,8..1,9 млн т, ярих зернових 1,2 млн т, кукурудзи 0,1..0,15 млн т. Для завершення повного циклу виробництва зерна, ефективної післязбиральної обробки та закладання партії на збереження потужність зерносховищ повинна становити не менше 50,0 млн т, а насінєвих підприємств довести до 3,0 млн т [1].

Після обмолоту зерна комбайнами весь врожай транспортують на стаціонарні пункти тимчасового зберігання, а потім до сховищ тривалого зберігання – елеватори. Однак, свіже-зібране зерно має засміченість 15..18 %, а вологість змінюється у широкому діапазоні, залежно від зони збору та кліматичних умов визрівання зерна. Вміст домішок у продовольчому зерні не повинен перевищувати 5 %, для інших культур 8 %, а для насінєвого фонду зерна вимоги ще вищі. Для первинної очистки зерна сьогодні випускається цілий ряд зерноочисних агрегатів або зерносушильних комплексів типу ЗАВ, КЗС, ін. [2].

Найбільш ефективним способом покращення показників якості зерна є застосування зерноочисних машин, в яких застосовуються пневмофракційні технології з використанням відносно високої швидкості повітряного потоку в зоні сепарування з наступним відділенням важкої, фуражної та легкої фракції. Також удосконаленням їх робочих органів для розділення зернового матеріалу на фракції на установках з віброрешетами. Швидкість руху зерно-вої суміші по похилій поверхні залежить від виду зерна, кута нахилу поверхні і частоти обертання електропривода віброрешета [3].

Оскільки на зберігання закладається зерно різного виду (пшениця, гречка, кукурудза, ін.), яке має певну вагу, форму або вологість то прискорення і швидкість руху по похилій решета буде різною, тому, пропонується застосувати частотно-регульований електропривод віброрешета [4].

В результаті такої модернізації установки для сепарації зерна замінювати існуючий асинхронний двигун не потрібно, а позитивний результат досягається завдяки використанню мікроконтролера та перетворювача частоти струму, який дозволяє плавно змінювати частоту обертання двигуна і відповідно інтенсивність вібрації решета сепаратора зерна з урахуванням параметрів зерна. Проведені експериментальні випробування макетного зразка розробленої установки показали підвищення ефективності очищення зерна на 12-21 % в залежності від виду зерна.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. акад. НААН Я. М. Гадзала, М. І. Бащенко, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка – К.: Аграр. наука, 2016. – 216 с.
2. Гаврилюк І. А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола – Х.: Факт, 2008. – 578 с.
3. Тищенко Л. Н. Уточненная модель потока зерновой смеси на виброрешете / Л. М. Тищенко, В. П. Ольшанский, С. В. Ольшанский // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – №6. – С.5-6.
4. Голодний І. М. Регульований електропривод / І. М. Голодний, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський, ін. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. – 509 с.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СЛІДКУЮЧИМ АСИНХРОННИМ  
ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ З ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИМ КЕРУВАННЯМ

Сліпенська Л. В., магістрантка, e-mail: [VVS11101992@gmail.com](mailto:VVS11101992@gmail.com)

Науковий керівник: ст. викл. Сухін В. В.

Державний біотехнологічний університет

**Постановка проблеми.** Одним із пріоритетних напрямків розвитку науки і техніки в Україні є побудова енергозберігаючих технологій та обладнання. Саме енергозбереження є найбільш дешевим і безпечним способом збільшення енергогенеруючих потужностей.

Виконавши огляд систем оптимального управління в динаміці, виникає необхідність підвищення їх енергоефективності, що пов'язано, по-перше, з обмеженістю і непоновлюваністю основних енергоресурсів, по-друге, з безперервно зростаючими складнощами їх видобутку та вартістю, по-третє, з глобальними екологічними проблемами, встановленими на границі тисячоліть.

Так на основі попередньо викладеної інформації формується актуальна проблемна задача, яка полягає в створенні енергозберігаючої системи керування сліdkуючим асинхронним електроприводом, що потребує розв'язку.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Провівши пошук по сучасним вітчизняним літературним джерелам, встановлена відсутність розробок систем енергозберігаючого керування сліdkуючим асинхронним електроприводом.

**Мета роботи.** Розробка системи енергозберігаючого керування сліdkуючим асинхронним електроприводом.

**Основні матеріали дослідження.** Перед початком реалізації встановленої задачі був виконаний детальний опис досліджуваного об'єкта.

Проведений синтез енергозберігаючої системи управління сліdkуючим асинхронним електроприводом. За для цього, побудована векторна математична модель АД, виконані синтези системи управління за принципом максимуму і спостерігача струму опору.

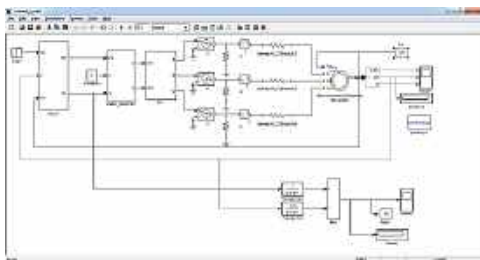


Рисунок 1 – Імітаційна модель розробленої системи в програмному пакеті Matlab

На основі синтезованої структурної схеми розроблюваної системи, створена імітаційна модель в програмному пакеті Matlab із застосуванням бібліотеки Simulink, рис. 1.

Вона складається з моделей: АД, перетворювачів координат і фаз, автономного інвертора струму, оптимального регулятора та спостерігача.

Після цього, проведений аналіз роботи побудованої імітаційної моделі \ Розраховані вагові коефіцієнти оптимального регулятора для декількох типів двигунів на основі яких, отримані графіки залежності струму, моменту і швидкості від часу [1].

**Висновки.** В результаті проведеної роботи виконаний загальний опис об'єкта дослідження, побудовані математична та імітаційна моделі, проведений аналіз розробленої системи з якого виходить, що зі збільшенням результуючого коефіцієнта час перехідного процесу зменшується, але енергетичні втрати зростають. Так само, слід зазначити, що при коефіцієнті менше 10 система не встановлюється в заданий режим.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Системи програмного та сліdkуючого керування рухом (частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» за освітньою програмою «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» / В.І. Теряєв. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 134 с.

## АНАЛІЗ ВАРІАНТІВ ВЗАЄМОДІЇ СИСТЕМИ «ПРОДУКТ-ВИПРОМІНЮВАЧ» В ПРОЦЕСІ ІЧ СУШКИ ФРУКТІВ

Усков А. В., магістр, e-mail: [juli.uskova@ukr.net](mailto:juli.uskova@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Існує основні три можливих варіанти взаємодії системи "випромінювач-матеріал" в процесі застосування інфрачервоної сушки і елемента штучної конвекції для фруктів, рисунок 1, де 1-випромінювач, 2 – матеріал, 3 – підставка з сіткою, 4 – вентилятор. При зустрічному русі потоку ІЧ променів і повітряного потоку, схема А, в просторі між джерелами ІЧ сушки і матеріалом буде створена пароповітряна зона, що перешкоджає вільному проходженню випромінювання до матеріалу. І чим вище вологомісткість матеріалу, тим більш щільні водяні пари будуть перебувати між джерелом сушки і матеріалом, тим інтенсивніше буде поглинатися і розсіюватися потік випромінювання в проміжній зоні, це призведе до зниження енергетичних і технологічних показників процесу сушіння.

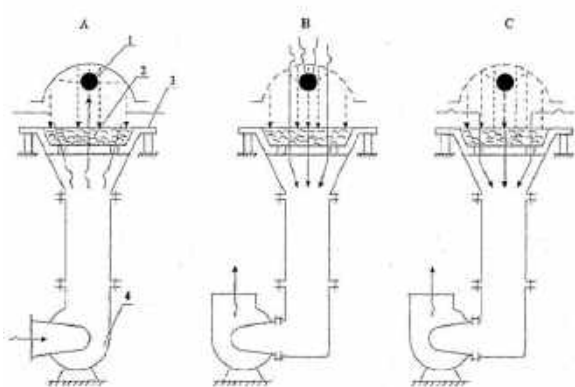


Рисунок 1 – Схема взаємодії системи «випромінювач – матеріал» у процесі ІЧ сушки і елементу штучної конвекції для продуктів рослинного походження

При паралельному напрямку потоку ІЧ променів і повітряного потоку, схема В, свіже повітря надходить через вікна, розташовані у відбивачі опромінювача і рухається до оброблюваного матеріалу, омиваючи на шляху джерело опромінювання. При даній схемі повітряний потік, параметри якого будуть змінюватися в залежності від умов навколишнього середовища, буде робити істотний вплив на температурний режим випромінювача і на термін його служби. Тому, зміна температури викликає зміну спектрального складу енергії сушки, в результаті чого буде порушуватися найбільш сприятливе співвідношення між

випромінюючим потоком і потоком, поглинутим оброблюваним матеріалом.

При узгодженому напрямку ІЧ і повітряного потоку, схема С, процес сушки матеріалів протікатиме значно інтенсивніше порівняно з іншими варіантами. Це пояснюється тим, що такий режим забезпечує однорідну комбінацію трьох способів тепло і масообміну: інфрачервоного, конвективного і вакуумного, кожен з яких доповнює один одного в ламінарному шарі, тобто турболізації, а також зменшує поглинання потоку випромінювання шаром водяної пари біля поверхні матеріалів і в проміжній зоні. При такій схемі роботи вентиляції в зоні обробки матеріалу створюватиметься негативний тиск, супутнє зниження температури і швидкості сушіння матеріалу без зниження інтенсивності ІЧ випромінювання та вологовіддачі.

Аналіз варіантів взаємодії системи «продукт-випромінювач» показав, що введення елемента штучної конвекції скорочує час сушки. При узгодженому напрямку інфрачервоного і повітряного потоків процес сушки протікає значно інтенсивніше, оскільки такий режим забезпечує комбінацію трьох способів тепло і масообміну: інфрачервоного, конвективного і вакуумного.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гришин М. А. Установки для сушки пищевых продуктов / М. А. Гришин, В. И. Атаназевич, Ю. Г. Семенов – М.: Агропромиздат, 1989. – 216 с.
2. Данилов О. Л. Экономия энергии при тепловой сушке / О. Л. Данилов, Б. И. Леончик – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 136 с.

## КРИТЕРІЇ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Устименко А. О., студент, e-mail: [ustumenko34@gmail.com](mailto:ustumenko34@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю.М.

Державний біотехнологічний університет

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.

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

Для формулювання вихідних умов задачі багатокритерійної оптимізації необхідно виділити ряд критеріїв, оптимуму яких ми бажаємо досягнути: мінімізація витрат електричної енергії за рахунок удосконалення організації технологічного процесу (технічний критерій); економічна ефективність роботи при умові використання диференційованих по зонах доби тарифних систем оплати електричної енергії (економічний критерій); мінімізація фактору ризику збоїв у постачанні води в необхідній кількості (критерій надійності).

Реалізація першого критерію, в свою чергу, забезпечується реалізацією ряду інших, додаткових, критеріїв: забезпечення водою споживачів в необхідній кількості; мінімізація надлишкових напорів в мережі; мінімізація витрат електричної енергії на власні потреби.

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

Вибір критеріїв слід здійснювати на основі аналізу функціонування системи та її структурних елементів, спираючись на поняття результативності та корисності. Результативність системи водопостачання є співзвучною 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.

Розв'язання задачі оптимізації на основі багатокритерійних моделей при невизначеності вихідної інформації є можливим за умови використання теорії прийняття рішень, причому метод розв'язку та вибраний математичний апарат визначаються наявністю вихідної інформації.

Під час багатокритерійної оптимізації необхідним є формулювання часткових критеріїв, які також повинні враховувати надійність (що характеризується величиною тиску в мережі та безперебійністю подачі води) та якість (що характеризується санітарно-біологічними показниками та визначає витрати на підготування піднятої води) водопостачання. Особливість функціонування об'єкту зумовлює необхідність врахування великої кількості факторів, які не завжди можна передбачити і змодельовати. Тому, для вирішення задач багатокритерійної оптимізації на практиці необхідно використовувати метод згортки декількох критеріїв в один узагальнений показник, а для побудови об'єктивних узагальнених показників про структуру критерійних змінних доцільно застосовувати такі методи, як, наприклад, кореляційний або факторний аналіз.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов: учеб. для вузов /И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник – М.: Колос, 2004. – 344 с.

2. Хандола Ю. М. Стабілізація тиску води у сільських водопровідних мережах із застосуванням регульованого електропривода / Ю. М. Хандола, О. Ю. Назаренко, М. Ю. Середин // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка, “Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України” – Харків: ХНТУСГ, 2017. – Вип. 186. – С. 132-134.



УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИДАЛЕННЯ ВОЛОГИ У ВАКУУМНІЙ ВИПАРНІЙ  
УСТАНОВЦІХільченко С. М., магістр, e-mail: [xsn.tehpod@i.ua](mailto:xsn.tehpod@i.ua)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

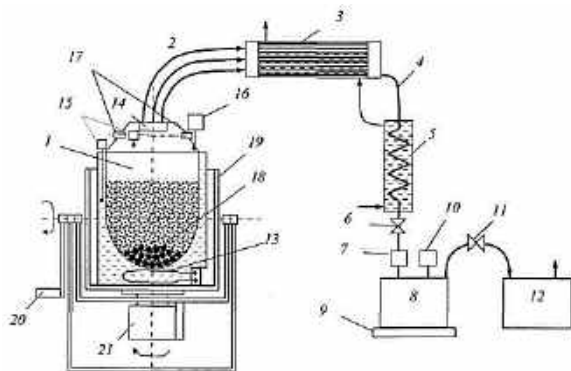


Рисунок 1 – схема вакуумного випарного пристрою: 1 – випарник; 2 – паропровід; 3,5 – конденсатори; 4 – трубопровід; 6 – клапан; 7 - п'єзодатчик; 8 – збірник конденсату; 9 – тензодатчик; 10 - датчик тиску у системі; 11 – вентиль; 12 – насос; 13 - електронагрівач; 14 - бризкоуловлювач; 15 - датчики температури; 16 - датчик тиску камери випарника; 17 - оптопара; 18 – ягоди; 19 – бак з двома осями обертання; 20 - рукоятка; 21 - привід коливального руху.

відключені, температура у системі дорівнює температурі навколишнього середовища. Відкриваємо клапан і підключаємо вакуумний насос до системи. Після досягнення робочого розрідження включається електронагрівач. При перевищенні піною критичного рівня вимикається нагрівач та насос від випарника. Поява конденсату характеризує завершення етапу прогріву та початок етапу видалення вільної вологи. На етапі видалення вільної вологи контролюється температура соку робочої рідини. Припинення конденсації характеризує завершення процесу випарювання. Для кожного етапу характерний набір параметрів процесу випарювання, основні з яких - температура, тиск та час. Для підтримки параметрів процесу вибрані пристрої автоматичного пінопригнічування та випарювання: п'єзорезистивний датчик тиску ЕРТ-22 та вакуумметр комбінований Мерадат-19ИТ1, сигнали яких забезпечують вмикання та вимкнення електронагрівача. Температура контролюється датчиком ДТ-1 з терморезистором ДТС-024, вага - тензодатчиком Dini Argeo STG-C3. Сигнали з датчиків поступають програмований логічний контролер Zelio Logic SR2A201FU, який за заданою програмою керує процесом випарювання.

Використання сучасних засобів автоматизації у процесі вакуумного випарювання дозволить підвищити ефективність управління та якість продуктів переробки, скоротить трудові витрати.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Малахов Н. Н. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник / Н. Н. Малахов, Ю. М. Плаксин, В. А. Ларин – Орел: Изд-во Орел ГТУ, 2001.– 687 с.

2. Тичков В. В. Дифузійні процеси (обладнання для сушіння): Навчально-методичний посібник / В. В. Тичков, В. Я. Гальченко, Р. В. Трембовецька, З. В. Бондарчук – Черкаси: ЧДТУ, 2018. – 179 с.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ СИПКИХ КОМПОНЕНТІВ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ  
КОРМОВИХ СУМІШЕЙШепелева Л. С., магістр, e-mail: [s.lyudmila.s@ukr.net](mailto:s.lyudmila.s@ukr.net)

Науковий керівник: доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

За результатами аналітичного огляду напрямків розвитку виробництва комбікормів, передового досвіду та класифікації пристроїв для змішування дисперсних матеріалів з'ясовано, що при виробництві найбільше застосовуються – механічні змішувачі сировинної маси з робочими органами гвинтового (шнекового), лопатевого та комбінованого типів.

Для рівномірного змішування декількох компонентів, які значно різняться за вологістю, фракційним складом тощо, при виробництві кормових сумішей, часто застосовують два і навіть три паралельних гвинти, що також дозують подачу продуктів. Крок гвинтової поверхні може бути постійним і змінним.

Лопатеві змішувачі конструкційно нагадують гвинтові (шнекові), де гвинтова поверхня замінена на розташовані під кутом до вертикальної поперечної площини лопаті. Такі робочі органи на валу утворюють переривчасту поверхню, що забезпечує не тільки перемішування біомаси, але й транспортує її уздовж осі валу.

Спіральні змішувачі застосовують для перемішування різних компонентів сировини. Спіраль – це гвинтова смуга прямокутного перетину, що консольно встановлюється на валу або має опорні осі на протилежному кінці. Спіралі розміщені в жолобах камери, їх може бути від однієї до трьох. У двохвальній системі змішування вали обертаються, як правило, назустріч один одному з однаковою або різними швидкостями, коли ведучі вали мають кутову швидкість у 1,3-2,1 рази меншу, ніж ведені.

Якість одержуваних сумішей у змішувачах періодичної дії вища, однак змішувачі безперервної дії більш ефективні у потокових лініях. В змішувачах періодичної дії зниження коефіцієнта варіації відбувається в часі, в змішувачах безперервної дії – у просторі, тобто по довжині змішувача. Змішування втрачає сенс, коли процеси перерозподілу частинок і їх сегрегація врівноважуються. Цим визначається тривалість змішування в періодичних пристроях або довжина камери змішувача безперервної дії.

Висока ефективність змішування сипких матеріалів, особливо з великим числом компонентів, досягається з використанням комбінованих робочих органів. Такі пристрої конструктивно і технологічно більш складні, ніж спрощені механізми для виконання операцій дозування і змішування сировини. Тому запропонована конструкційно-технологічна схема змішувального пристрою, яка передбачає живлення і дозування сировини шнековим робочим органом, як більш точним, а змішування компонентів за різним гранулометричним складом – механізмом лопатевого типу.

Заслуговують на увагу змішувальні пристрої оновальні безперервної дії, що розроблені промисловою інжиніринговою групою ІСК Group (інша назва фірми – GRANTECH (Грантех)). Розробка має просту конструкцію і не потребує додаткових механізмів для подачі і вивантаження сировини. Робочі камери являють собою циліндрові корпуси, виготовлені з листової корозійностійкої сталі. Фірмою пропонується широкий діапазон змішувачів, що відрізняються як місткістю (від 0,2 до 0,4 м<sup>3</sup>), так і потужністю привода.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дацишин О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв: навч. посібник / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздєв та ін. / За ред. О.В. Дацишина. - Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488 с.

2. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лаврінєнко, І.П. Ільчов, Ю.М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
ПОДРІБНЮВАЧА ЗЕЛЕНИХ КОРМІВ

Якименко В. М., магістр, e-mail: [ykimenkovovka@gmail.com](mailto:ykimenkovovka@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.

Державний біотехнологічний університет

Нарощування виробничих потужностей галузі тваринництва у напрямку збільшення чисельності поголів'я всіх видів худоби і птиці та підвищення їх продуктивності потребує відповідного забезпечення кормовими ресурсами, оптимізації раціонів, а також збільшення кормових угідь. За умови зростання продуктивності худоби якісний склад структури раціонів змінюється у бік збільшення частки від концентрованих кормів. Передбачається забезпечити виробництво комбікормів, наприклад, для свинарства на рівні 11,0 млн т у 2025 р. де для відгодівлі 6,6 млн т і для репродукції – 4,4 млн т [1].

Реалізація Державної Стратегії щодо суттєвого збільшення обсягів експорту сільськогосподарської продукції з доданою вартістю потребує розвитку не тільки кормової бази тваринництва, а й удосконалення технічних приладів і установок для переробки сировини приготування якісних комбікормів. Відповідно зоотехнічних вимог, подрібнення кормів повинні сприяти якісному споживанню їх тваринами, сприяти легкому їх засвоєнню та перетравленню і не утримувати шкідливих речовин та домішок. Крім того, при подрібненні кормів слід враховувати розподіл процесу на: – тонке подрібнення –  $d_{\text{сер}}=0,1..1,0$  мм; – середнє подрібнення –  $d_{\text{сер}}=1,0..1,8$  мм; – грубе подрібнення –  $d_{\text{сер}}=1,8..2,6$  м. Для машин ротаційного типу характерні шарнірно-закріплені робочі органи у вигляді комплексу ножів. При обертанні ножів з кутовою швидкістю  $\omega_{\text{обер}}$  (рад/с) на холостому ході враховують відцентровану силу  $F_{\text{цб}}$  і тертя робочого органу  $F_{\text{тер}}$  (Н). При різанні зелених кормів силою опору що характеризується  $k_{\text{тр}}$ , які ножі, з масою  $m_{\text{н}}$  утворюють, при відхиленні на кут  $\delta_{\text{від}}$  (рад):

$$F_{\text{тер}}=f_{\text{тр}}(m_{\text{н}} \cdot \cos\delta_{\text{від}} + F_{\text{цб}} \cos(\delta_{\text{від}} - \gamma)) \quad (1)$$

$$F_{\text{цб}} = m_{\text{н}} \omega_{\text{обер}} k_{\text{тр}} \quad (2)$$

Підставивши зусилля у формулу визначення необхідної потужності електропривода подрібнювача з урахуванням швидкості різання  $v_{\text{різ}}$  (м/с) та ККД електропривода [2]:

$$P_{\text{прив}} = (F_{\text{тер}} + F_{\text{цб}})v_{\text{різ}}/\eta_{\text{ел}} \quad (3)$$

Проведені попередні розрахунки, з урахуванням вказаних параметрів для подрібнення зелених кормів було визначено доцільну потужність електропривода на рівні 30,0 кВт. Отже, для забезпечення якісної роботи подрібнювача зелених кормів для складання раціону з кормосумішей необхідно забезпечити роботу подрібнювача в режимах, які будуть забезпечувати виконання вказаних параметрів подрібнення. Одним із можливих варіантів технічної реалізації сформульованої задачі може бути застосування частотно-регульованого електропривода ножа в барабані подрібнювача [3].

Таким чином, пропонується для забезпечення раціонального керування подрібнювачем використати функціональні можливості ПЧ *Altivar 32*, які дозволяють мати широкі конфігурації систем, наприклад, вони мають узгодженість з програмним продуктом *SoMove i SoMove Mobile*.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тваринництво України: стан, проблеми, шляхи розвитку (1991-2017-2030 рр.) / За ред. акад. НААН М. І. Бащенко – К.: Аграр. наука, 2017. – 160 с.
2. Гаврилюк І. А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола – Х.: Факт, 2008. – 578 с.
3. Голодний І. М. Регульований електропривод / І. М. Голодний, Ю. М. Лаврінченко, В. В. Козирський, ін. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2015. – 509 с.

## СЕКЦІЯ 4. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 615.84

### ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ В МЕДИЦИНІ

Адажинік В. П. бакалавр, e-mail: [duman.alexandr@gmail.com](mailto:duman.alexandr@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Думанський О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Більшість процесів життєдіяльності організму супроводжується генеруванням електричних сигналів, які формуються в усіх нервових клітинах і поширюються по нервових волокнах, що з'єднує всі органи з різними відділами нервової системи. Впливаючи електричним струмом та електромагнітним випромінюванням на них можна отримати негативні наслідки для людини, в тому числі й летальні. Незважаючи на це, струм та електромагнітне випромінювання мають цілий ряд властивостей, завдяки яким вони широко застосовуються в медицині: як в терапії, так й в діагностиці.

Під впливом електричного струму в живих організмах відбувається рух заряджених частинок, поляризація тканин й їх нагрівання.

Постійний струм й змінний струм, частота якого нижче  $10^5$  Гц, здатні створювати небезпеку для організму. Небезпека обумовлюється струмом, а не напругою. Безпечною вважають силу струму нижчу за 0,01 А (хоча навіть слабкі струми впливають на функціонування нервової системи); струм вище 0,1 А є небезпечним для життя. Ступінь небезпеки, обумовлений струмом, залежить від шляхів розповсюдження струму організмом, наприклад, від того, проходить він через серце або ні.

Електролікування – це група фізіотерапевтичних методів, в основі яких лежить дія дозованого електричного струму (електричного поля) на організм людини. Одним з таких методів є транскраніальна нейростимуляція постійним струмом (tDCS)[1], яка являє собою метод впливу на нервову систему шляхом електричного подразнення. Проводиться: електростимуляція периферичних нервів; нейростимуляція спинного мозку; стимуляція глибинних структур головного мозку.

Метод tDCS спочатку розглядався як виключно медична технологія і успішно використовувався для лікування депресії, хронічного болю та відновлення після інсульту. Поступово вчені виявили, що tDCS можна застосовувати і для поліпшення когнітивних здібностей абсолютно здорових людей .

Значна кількість проведених наукових досліджень демонструє, що нейростимуляція володіє значним потенціалом, розвивається досить швидкими темпами і викликає неабиякий інтерес вчених всього світу.

Нейростимуляція – лікування болю за допомогою низьковольтної електростимуляції спинного мозку з метою блокування больових відчуттів.

Терапія, що полегшує біль за допомогою електростимуляції нервових закінчень через електроди, розміщені епідурально. Нейростимуляція активує блокуючі біль нейронні кола в спинному рiзку і викликає поколювання (парестезія), що приховують больові відчуття. Попередня (тестова) нейростимуляція показує реакцію пацієнта до лікування і є необхідною перед впровадженням електродів.

Найбільш типові показання до нейростимуляції: хронічні болі (FBSS); постійні невропатичні болі спини і ніг; симпатичних підтримувана біль, зокрема Комплексний регіональний больовий синдром (КРБС) I і II типів[2].

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сокрут В. М., Казаков В. Н., Поважная Е. С., Лыков А. А. *Общая физиотерапия и курортология* : учеб. пособие. – Донецк: Лебедь, 1999. – С.26-40.
2. Черепок О. О., Волох Н. Г. Лікувальне застосування електричного струму, електричного та магнітного полів, електромагнітного випромінювання: навчальний посібник. – Запоріжжя: ЗДМУ, 2016. – 140 с.



## ОЧИСТКА ПРОМИСЛОВИХ СТИЧНИХ ВОД ПІСЛЯ ПЕРВИННОЇ ОБРОБКИ ВОВНИ

Баглик Є. С., бакалавр, e-mail: [tte\\_nniect@ukr.net](mailto:tte_nniect@ukr.net)

Науковий керівник: проф. Косуліна Н. Г.

Державний біотехнологічний університет

Захист водних ресурсів від забруднення та виснаження є найважливішою національною проблемою України. Одним з основних способів захисту водою від забруднення є очищення промислових стічних вод. В Україні і за кордоном широко поширений метод біохімічної обробки промислових стоків, в результаті якого органічне забруднення окислюється до вуглекислоти і води, чим досягається їх повне очищення. Цей метод використовує природну здатність самоочищення води, що здійснюється мікроорганізмами у воді і ґрунті. При біохімічному очищенні стічних вод активізується робота мікроорганізмів за допомогою спеціальних об'єктів - аеротенків.

До переваг цього методу можна віднести можливість його використання для знищення різних органічних речовин, тобто його придатності в багатьох галузях промисловості.

Однак такий спосіб очищення, як і будь-який інший, не універсальний. Відомо, що ряд органічних речовин не біорозкладні через свою токсичну дію на мікроорганізми. Знищення багатьох органічних речовин можливе тільки при дуже великому розбавленні. Деякі органічні сполуки не мають шкідливого впливу на мікроби, але і не знищуються ними.

У деяких випадках біологічний розпад неможливий через високі концентрації органічних речовин у стічних водах. У цих випадках їх необхідно попередньо обробити до того, як стічні води будуть поставлені для біохімічної обробки.

Вибір методу попередньої очистки стічних вод залежить від їх складу і властивостей.

В останні роки методам термічного очищення приділяється особлива увага. Термічні методи універсальні, так як не залежать від типу використовуваних миючих засобів. До термічних методів очищення стічних вод включають *випаровування і рідкофазне окислення*.

Переробка вовняномийних стічних вод в випарних апаратах здійснюється в один-два етапи. На першому етапі відбувається фактично випаровування, на другому - спалювання утвореного кубового залишку. Парогазова суміш, утворена при випаровуванні, сепарується в парозбірнику та бризгоуловлювачі, а потім проходить через теплообмінник для конденсації пари і охолодження продуктів згоряння перед випуском в атмосферу. Конденсат збирається у резервуарі і використовується в системі управління водними ресурсами заводу. Повне використання тепла, що відходить, є головною умовою доцільності проектування і будівництва випарних установок. Жирофазне окислення - це процес окислення киснем повітря органічних домішок, що містяться в стічних водах в розчиненому і підвішеному стані при температурі 150...370<sup>0</sup>С і тиску до 300<sup>-10</sup> Па. При цьому органічні сполуки окислюються в основному до двоокису вуглецю, води і частково до органічних кислот, що забезпечує очищення стоку і його стерилізацію. Безперервний процес рідкофазного окислення відбувається в проточному реакторі з теплообміном вхідних і вихідних потоків. Оброблені стічні води майже знезаражені. Тим не менш, їх високе залишкове забруднення (2000...3500 мг/л БПК<sub>повн</sub>) викликає необхідність їх очищення на міських або місцевих станціях аерації.

Метод рідкофазного окислення має певні переваги перед іншими методами, так як створює знезаражений осад і очищена вода легко відокремлюється від твердої фази. При цьому висока вартість монтажу, складність експлуатації, необхідність великих обсягів води для охолодження призводять до того, що метод ще не знайшов промислового застосування.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дослідження стічних вод промислових підприємств і методів їх очищення. 1 квітня 2017 р. <https://ua.esmil.eu/issledovanie-stochnyh-vod-promyshlennyh-predpriyatij-i-metodov-ih-ochistki/>



БЛОКАДА ПЕРИФЕРИЧНОГО БОЛЮ  
ШЛЯХОМ ВПЛИВУ ЕЛЕКТРИЧНИМ СТРУМОМ НИЗЬКОЇ ЧАСТОТИ

Бойко К. І., (бакалавр), e-mail: [kyrylo.boiko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:kyrylo.boiko@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: доц. Куліченко В. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Найбільш поширеними причинами периферичного болю є травми, запалення, інфекції, порушення кровообігу, неврологічні захворювання та інші. В основі механізму виникнення периферійного болю є подразнення нервів, які здійснюють перенесення больового сигналу зі збуджених рецепторів до головного мозку. При цьому може відбуватись зміна функції нервової системи, що може сприяти подальшому посиленню болю та інших симптомів. Так, травми можуть призводити до розтягнення, переломів, забоїв, чи інших механічних ушкоджень тканин, включно з нервовими структурами, що призводить в кінцевому випадку до пошкодження та подразнення нервових волокон. В інших випадках, як то при запаленнях тканин утворюються продукти запалення які можуть стимулювати рецептори болю, що викликає периферичний біль.

Наразі існує багато методів лікування периферійного болю, вибір яких залежить від причини та характеру болю. Серед основних методів усунення периферійного болю в медичній практиці застосовують фармакологічні засоби, фізичну терапію, хірургічне втручання, вплив преформованими фізичними факторами та інші, менш традиційні засоби. При цьому метою є пригнічення провідності або сприйняття електричної провідності нервових волокон як безпосередньо в місці виникнення болю так і в центрі опрацювання. Різноманітність методів дозволяє ефективно блокувати периферичні болі, особливо в застосування комбінованого впливу, так як кожний з перерахованих методів має свої переваги і недоліки.

Одним з найбільш ефективних методів блокади болю є нейростимуляція периферичної і центральної нервової системи імпульсами струму низької сили. Хоча, цей метод відомий вже на протязі декількох останніх десятиліть, саме нині він отримав новий розвиток за рахунок останніх досліджень в сфері нейрології та сучасної електронної бази. Основними медичними галузями де зараз активно застосовується блокада периферичного болю є хірургія – в якості місцевої анестезії і ревматологія.

При цьому існують два основні способи підведення струму до ділянки впливу: через шкірний покрив за допомогою пластинчатих електродів і шляхом безпосереднього підключення до нерву за допомогою голчастого електроду. Кожен зі способів має свої переваги і недоліки, так при використанні пластинчатих поверхневих електродів відсутнє фізичне втручання в організм пацієнта, але такий підхід потребує більше енергії, а також впливає на сусідні тканини і органи, у другому випадку маємо точний вплив саме на потрібний нерв і малу силу струму, однак потрібне через шкірне внутрішнє втручання та точне визначення положення нерву.

В даній роботі розглядається можливість поєднання способів підведення струму в одному апараті та підвищення ефективності роботи з ним за рахунок додаткових датчиків, для відслідковування стану пацієнта та системи автоматичного визначення розташування нерву. Окрім того для забезпечення безпеки та подальшого розвитку цього методу дані будуть надіслані до хмарного сховища для подальшої обробки і формування більш точної вибірки на основі проведених досліджень.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Функціональні можливості електротерапевтичного апарату та підвищення його якості за рахунок вдосконалення програмно-математичного забезпечення / А.В. Кіпенський, Н.І. Кубишкіна, Є.І. Король, Р.С. Томашевський, Л.Д. Тондій, Л.Я. Васильєва-Лінецька // Прикладна радіоелектроніка. - 2012. - Т. 11, № 3. - С. 354-361.

## ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ НА ОСНОВІ ВИТРАТОМІРУ ВЕНТУРИ З П'ЄЗОРЕЗОНАНСНИМ ДАТЧИКОМ

Васильчук Д. П., аспірант, e-mail: [Dmytro.Vasylchuk@ieec.khpi.edu.ua](mailto:Dmytro.Vasylchuk@ieec.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Томашевський Р. С.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Моніторинг стану здоров'я легень і дихальної системи життєво важливий для діагностики найбільш поширених захворювань легень таких як: хронічна обструктивна хвороба легень (ХОБЛ), астма, фіброз легень (часто діагностується у пацієнтів, що перенесли COVID - 19) та інших професійні захворювання легень.

Спірографія є одним з кращих способів проведення такого моніторингу, а якість такого дослідження безпосередньо залежить від використовуваного у спірометрі вимірювального перетворювача. На сьогодні найбільше поширення отримали такі вимірювальні перетворювачі як: перетворювачі змінного перепаду тиску, перетворювачі турбінного типу, термокондуктивні і ультразвукові [1]. Загальним недоліком більшості перерахованих перетворювачів є їх низька стійкість до санітарної обробки, а останнім часом ця проблема стала особливо гострою у зв'язку з невщухаючою пандемією COVID - 19. Сучасні тенденції в побудові перетворювачів повітряного потоку для спірометрів обумовлюють перспективність використання перетворювачів змінного перепаду тиску. В роботі пропонується використати вимірювальний перетворювач повітряного потоку на основі витратоміру Вентурі (первинний перетворювач) з п'єзореzonансними датчиками (вторинний перетворювач, на базі п'єзореzonатора у зазорі) [2], структурна схема якого представлена на рисунку 1.

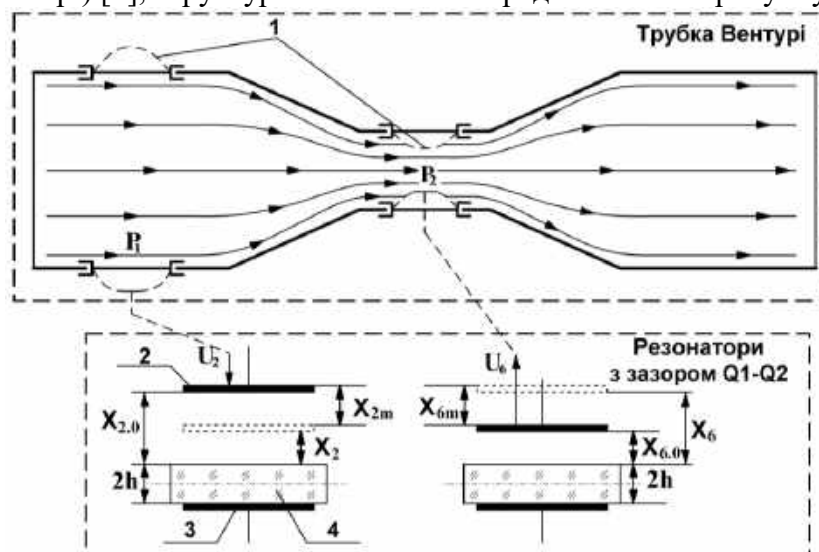


Рисунок 1 - Схематичне зображення вимірювального перетворювача швидкості потоку

Такий вибір первинного і вторинного вимірювального перетворювача був зроблений виходячи з таких міркувань: перетворювачі мають якісні метрологічні характеристики (широкий діапазон вимірюваних ними величин, висока роздільна здатність і т. д.); їх конструктивне об'єднання дозволить створити вимірювальний перетворювач з високою стійкістю до санітарної обробки.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Е. И. Сокол. Спирометрия. Ее техническое обеспечение. Проблемы и перспективы / Е. И. Сокол, А. В. Кипенский, Р. С. Томашевский и др. // «Технічна електродинаміка». Тематичний випуск. Проблеми сучасної електротехніки. Част. 3. – 2008. – С. 119-124.
2. Колпаков Ф. Ф. Пьезорезонансные механотроны в измерениях параметров сердечно – сосудистой системы человека / Ф. Ф. Колпаков, С. К. Пидченко, А. А. Таранчук, А. Е. Опольская // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 2. – С. 60-70.

Постановка проблеми. Практична діяльність лікаря ветеринара пов'язана із виконанням ряду задач основні з яких: профілактика, діагностика та лікування захворювань тварин того або іншого виду. Серед них задача діагностики займає надважливе місце тому, що від точності і швидкості встановлення діагнозу в подальшому буде залежати період лікування та загальний лікувальний ефект. Нажаль через людський фактор якість діагностики може бути низькою, тому створення комп'ютерної програми по автоматизованому встановленню діагнозу за наявними симптомами є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Провівши пошук по сучасним вітчизняним та закордонним літературним джерелам в напрямку програмного забезпечення області ветеринарії, встановлена відсутність програмних рішень та додатків по наданню діагнозу хворим тваринам за відповідними симптомами. Тому, проведення роботи по створенню відповідної програми є актуальним завданням, що потребує вирішення.

Мета роботи. Розробка комп'ютерної програми по визначенню захворювань сільськогосподарських та свійських тварин за наявними симптомами для підвищення точності та скорочення часу на встановлення діагнозу.

Основні матеріали дослідження. Побудова комп'ютерної програми починалась із формування сукупності вимог, яким вона повинна задовольняти, а саме: мати можливість визначення широкого діапазону захворювань, як домашніх так і сільськогосподарських тварин, а також бути зручною у користуванні. Далі був розроблений алгоритм функціонування програми і створена його блок-схема. Після цього, розпочалось написання програми консольного виду з використанням мови C # та IDE Microsoft Visual Studio 2022. Робоче вікно написаної програми представлене на рис. 1. Після її реалізації проведено тестування в результаті якого встановлена відповідність до вимог функціонування [1].

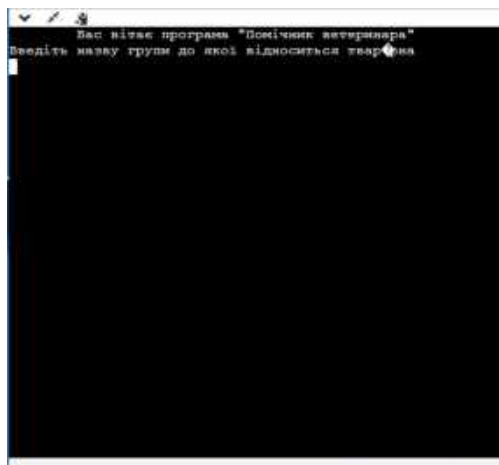


Рисунок 1 – Робоче вікно програми “Помічник ветеринара”

Висновки. В результаті проведеної роботи був виконаний аналіз інформаційних джерел за напрямком програмних розробок в області ветеринарії, сформовані вимоги до програми, побудований її алгоритм та його блок-схема. Виконана реалізація програми на мові C # консольного виду та проведено її тестування на відповідність встановленим вимогам.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Об'єктно-орієнтоване програмування. Частина 1. Основи об'єктно-орієнтованого програмування на мові C#.: навч. посіб. / Д.В. Настенко, А.Б. Нестерко. – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 76 с.

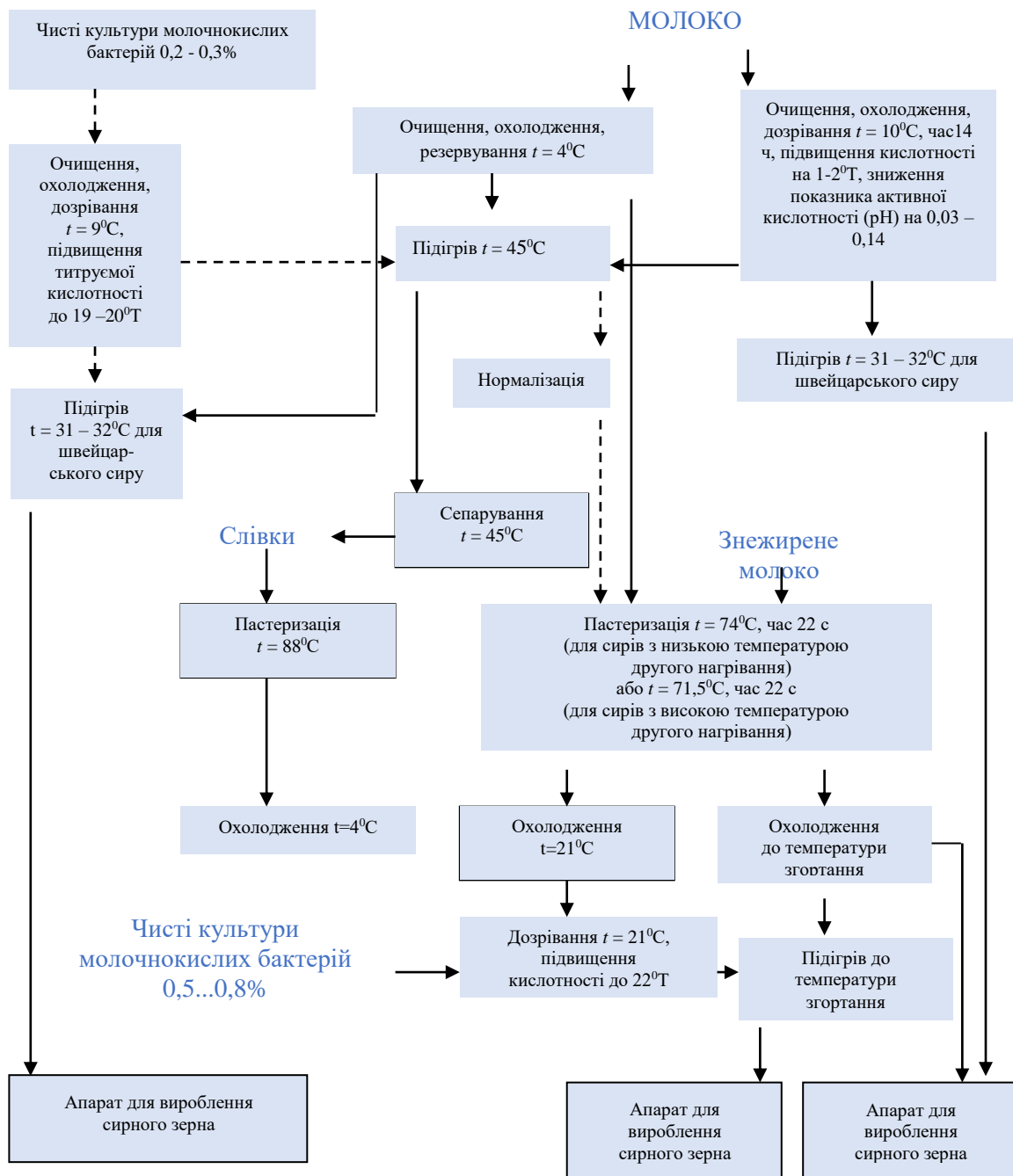
ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ САНИТАРІЇ ТА ГІГІЄНИ В ТЕХОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВИРОБНИЦТВА МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Куриленко К. О., бакалавр, e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Науковий керівник: проф. Косуліна Н. Г.

Державний біотехнологічний університет

Санітарна обробка молочного обладнання дуже важлива складова процесу виробництва молочних продуктів. Молоко є ідеальним середовищем розвитку мікроорганізмів, що викликає певні ризики для здоров'я при неякісній дезінфекції, санітарної обробки молочного обладнання, робочих місць, ємностей, транспорту. Поверхні молочного обладнання використовуваного у виробництві, як правило забруднені мікрофлорою.



Обладнання, апаратура, інвентар, молокопроводи, тара повинні щодня після закінчення кожного технологічного циклу піддаватися ретельному миттю та дезінфекції. Для забезпечення гігієни та санітарії на виробництві молочної продукції повинно бути сучасне обладнання.

Санітарний шлюз – прилад гігієнічного контролю для дезінфекції, миття рук, чищення взуття тощо. Установка Dulcodes – прилад для дезінфекції води за допомогою ультрафіолетового випромінювання. Мобільна станція миття SM2K / SM3K – насосна станція із вбудованим модулем сателітної станції SR25-1 та компресором. Одночасно виконує функції насосної та сателітної станцій. Мобільна конструкція дозволяє легко рухатися. Піноутворюючий апарат AP – прилад для нанесення хімічних засобів у вигляді піни, які придатні для миття великих поверхонь та просторових установок (транспортні лінії, машини та обладнання). Корпуси AP виготовлені з кислотостійкої сталі – стійкі до дії кислот та лугів. Конструкція забезпечує зручність переміщення. Використання апарату дозволяє значно зменшити споживання миючої рідини, збільшуючи безпеку та комфорт обслуговування. Установа для одержання діоксиду хлору Bello Zon. Ця речовина виконує дезінфекцію незалежно від рівня рН. Він має сильну пролонговану дію при знаходженні в трубопроводах, від декількох годин до декількох днів. За допомогою діоксиду хлору можна обробляти цілі водні системи для боротьби з легіонелами, оскільки речовина надійно руйнує біологічну плівку, що утворюється у трубопроводах та баках. Електролізна установка Chlorinsitu v Plus – прилад виробляє газоподібний хлор високого ступеня очищення у поєднанні з розчином натрію гіпохлориту за вакуумною технологією. Фільтраційна система – автономний фільтр комплексного очищення води з одночасним зниженням вмісту сполук заліза, марганцю та солей жорсткості. Генератор холодного туману Dugu X20 – пристрій для виконання процедур затуманювання у закритих приміщеннях. Туман у пристрої генерується шляхом розриву рідини сильним потоком повітря. Насоси DDA, DDC, DDE – рішення цифрового дозування Digital Dosing (Smart Digital, DME, DDI), які встановлюють нові стандарти дозування рідких хімікатів і точності. Оператор може легко встановити і налаштувати насос таким чином, щоб він точно закачував кількість рідини, необхідну для процесу завдяки унікальній концепції управління приводом і регулювання потоку. Магнітний мембранний насос-дозатор Beta – прилад для дозування рідких засобів у сфері водопідготовки та у хімічних процесах. Соленоїдний мембранний насос-дозатор Gamma/XL – мережевий магнітний мембранний дозуючий насос з соленоїдним приводом з новими масштабами продуктивності, надійності та економічності. Стерилізатор паровий ГПД-600.

Враховуючі аналіз технології виробництва молочних продуктів, обладнання для санітарії та гігієни в технологічному процесі та викладеного вище матеріалу, можна зробити висновок, що іноземне обладнання займає високу долю в даному сегменті. Для усунення дисбалансу закордонного та вітчизняного обладнання, впровадження сучасних енергозберігаючих технологій які направлені на гігієну та санітарію необхідна підтримка держави та профільних міністерств.

#### ПОСИЛАННЯ

1. Молочні насоси. <https://ziko.com.ua/novini-galyzi-publications-article-molochni-nasosy/>
2. Гігієнічне обладнання для санітарної безпеки харчових підприємств. <https://harch.tech/2022/07/19/higienichne-obladnannia-dla-harchovyh-pidpryemstv/>
3. Головка М. П., Власенко І. Г., Головка Т. М., Семко Т. В. Гігієна та санітарія переробних підприємств: навчальний посібник. – Х.: Світ Книг, 2022. – 218 с. [https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/8360/1/np\\_hihiyena\\_sanitariya\\_2022.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/8360/1/np_hihiyena_sanitariya_2022.pdf)



## ВУШНИЙ АПАРАТ НА КІСТКОВІЙ ПРОВІДНОСТІ

Макушинський С. С., магістр, e-mail: [serhii.makushynskyi@ieee.khpi.edu.ua](mailto:serhii.makushynskyi@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Колісник К. В.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Вади слуху й на зараз є досить вразливою проблемою суспільства. Але проблема з слухом може бути досить складна, коли звичайні слухові апарати не можуть допомогти. Звичайний вушний апарат використовує принцип передачі інформації через звукові коливання, і при цьому використовується механізм сприйняття та посилення саме звукових коливань. А що робити якщо цей механізм у людини пошкоджено, або він відсутній, чи не правильно формований. Тобто звукові коливання, навидь потужні, тут не допоможуть.

Слухова система людини складається із зовнішнього, середнього і внутрішнього вуха. А при таких порушеннях слуху, потрібно передати звукові коливання безпосередньо до внутрішнього вуха. І ось тут ми можемо скористатися кістковою провідністю коливань. При кістковій провідності звукові коливання проходять повз двох перших органів, прямуючи у внутрішнє вухо. Таким чином апарат на кістковій провідності буде перетворювати звукові коливання в механічні. При цьому замість динаміка ми повинні використати динамічну головку, яка генерує саме механічні коливання. Якщо таку динамічну головку притиснути до голови і подати на неї сигнал з корисною інформацією, то людина почне сприймати ту інформацію. Але контакт апарату до кістки при цьому повинен забезпечувати досить надійне кріплення, що ускладнює його конструкцію.

Існуючі апарати мають досить багато недоліків: вони громіздкі, та зазвичай мають спосіб кріплення до голови хірургічними штифтами, які вкручуються в голову для забезпечення потрібного контакту. Це досить складна та вкрай неприємна процедура.

Розглянувши цю проблему, я пропоную використати кріплення за рахунок багатокамерної присоски Рис. 1. Вона дозволяє кріпитися до гладкої фігурної поверхні і завдяки своїй багато камерності, дозволяє набагато довше триматися на поверхні в випадку, коли вона утримує елемент котрий вібрує в частотах від 50 до 20 000 Гц. Це забезпечується тим, що в разі розгерметизація декількох камер, загальна кількість камер, що залишилися, забезпечать потрібну силу прилипання присоски до скроні пацієнта.

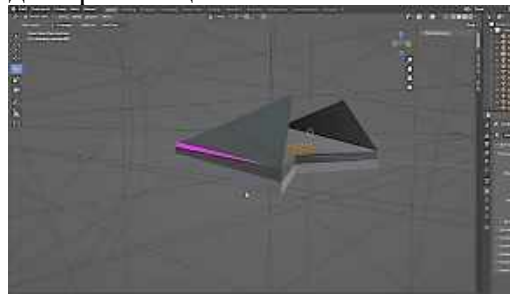
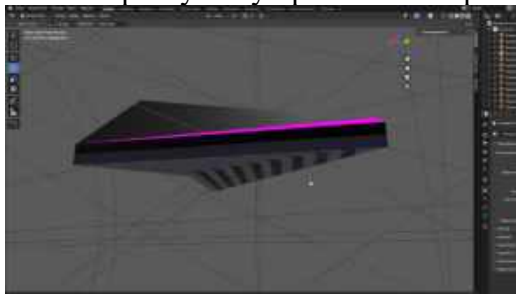


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд вушного апарату на багатокамерних присосках

До речі, ідея багатокамерних присосок характерна живій природі, та використовується різними природними істотами, наприклад рибами-прилипалами, деякими мушлями, та іншими живими істотами.

Крім вирішення проблеми відновлення слуху не травмуючи пацієнта, важливим аспектом є також естетичний та ергономічний компонент. Такий апарат може мати невеликі розміри та легко зніматися та встановлюватися при потребі, мати яскравий чи стильний дизайн, що робить його соціально адаптованим.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Як діє кісткова провідність? <https://bettertone.com.ua/uk/znachennya-kistkovoyi-providnosti-zvuku-i-yiyi-koryst-v-riznykh-sytuatsiyakh/>
2. ДСТУ EN ISO 13485:2018 Медичні вироби. Система управління якістю. Вимоги до регулювання (EN ISO 13485:2016, IDT; ISO 13485:2016, IDT).
3. «Аудиомед». [Електронний ресурс]. 2016 Режим доступу: URL: <https://www.audiomed.ru/info/kakimi-byvayut-slukhovye-apparaty/>

## ВИМОГИ ДО БІОМАТЕРІАЛІВ В СУЧАСНІЙ ТРАНСПЛАНТОЛОГІЇ

Мальцев К. В, студент, e-mail: [kirill\\_malsev@meta.ua](mailto:kirill_malsev@meta.ua)

Науковий керівник: проф. Шигимага В. О.  
Державний біотехнологічний університет

Біоматеріали – це матеріали, покликані замінити пошкоджені ділянки організму: їх окремі органи та тканини. Наприклад, перелом чи травма кістки веде до необхідності заміни штучним імплантатом ушкодженої області. При ослабленні слуху пацієнту потрібний слуховий апарат. Пластична хірургія, коли люди хочуть якимось змінити риси свого обличчя, теж вдається до допомоги біоматеріалів.

Біоматеріали можна умовно поділити на дві групи: трансплантати та імплантати. Особливе місце займають біоматеріали, побудовані з клітин або їх носії.

Перша група – це органи та тканини, пересажені від самого пацієнта або його близьких родичів (наприклад, нирка, ділянка кістки, шкіра). У такому разі проблеми сумісності матеріалу або не виникає, або, навпаки, орган відторгається, зате при вдалому результаті він повністю забезпечує необхідне функціонування. Однак неможливість передбачення підсумків пересадки, а також більш ніж обмежена кількість трансплантатів накладають свої обмеження на цей тип біоматеріалів.

Друга група є «неживими» матеріалами, які не мають безпосереднього відношення до організму: полімери, керамічні блоки, скелети коралів тощо. У разі імплантатів проблеми генетичної несумісності матеріалу не виникає, тут постає питання його принципової токсичності чи біосумісності. Імплантати можуть бути зроблені в будь-якій кількості, щоб забезпечити необхідний попит, що є їх безперечним плюсом, проте повністю відновити функції органу, що замінюється, вони не в змозі.

У зв'язку зі складністю операцій і їх наслідків вимоги до біоматеріалів дуже жорсткі: Відсутність небажаних хімічних, реакцій з тканинами та між тканинними рідинами, відсутність корозії, або розчинення з контрольованою швидкістю, міцність тріщиностійкість, опір уповільненому руйнуванню, зносостійкість, відсутність реакцій з боку імунної системи (біосумісність), зростання з кістковою тканиною, стимулювання остеосинтезу.

Катастрофічні наслідки має реакція «трансплантат проти господаря», яка, на мою думку, є основною проблемою сучасної трансплантології, так як може призвести серйозним ускладненням або летальному результату. Для запобігання відторгненню органів після трансплантації реципієнту проводять фармакологічну/медикаментозну імуносупресію для зниження ефективності імунної системи, але ця процедура може призвести до захворювань вірусного характеру тощо, що також не є допустимим, відповідно цей метод далеко не досконалий та потребує доопрацювання.

На мій погляд, найефективнішим є метод побудови біоматеріалів із клітин реципієнта, оскільки реакція відторгнення у разі мінімальна.

### ПОСИЛАННЯ

1. L. L. Hench Bioceramics. J. Am. Ceram. Soc., 1998, 81 (7), p.1705 – 1728.
2. W. Suchanek, M. Yashimura Processing and properties of hydroxyapatite-based biomaterials for use as hard tissue replacement implants. J. Mater. Res., 1998, 13 (1), p. 94 – 117
3. Родионов И. В. Научные подходы к созданию биосовместимых имплантационных материалов. – Саратов: Изд-во Саратов. гос. техн. ун-та, 2004. – 9 с.

## ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ОЦІНКИ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ЕРИТРОЦИТІВ

Манжелей О. В., магістр, e-mail: [Oleksandr.Manzheliei@ieec.khpi.edu.ua](mailto:Oleksandr.Manzheliei@ieec.khpi.edu.ua)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Колісник К. В.

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Морфологія еритроцитів є важливим параметром, особливо важливим при аналізі крові. Нормальний еритроцит є двояковогнутий диск із закругленими краями. Ця форма описує найбільшу площу при малому обсязі обсягу, що необхідно для виконання функцій, необхідних органами керування киснем та дифузіїю газу. Зовнішня мембрана еритроциту має товщину 20нм і складається з волокнистого шару білків з ліпідними пластинками, що перекриваються. Нормальними розмірами вважають 7-8 мкм у діаметрі. У профілі розміри коливаються від 1,5 мкм у центрі до 2,5 мкм зовні. Об'єм варіюється від 80 до 100 мкм<sup>3</sup>, площа близько 140 мкм<sup>2</sup> [1]. Відхилення від вищезгаданих параметрів розвитку патологічних станів [2], що суттєво підвищує їхній ризик.

Сутність методу спектрального аналізу полягає у просвітленні когерентними хвилями фазового мікрооб'єкту, визначення динаміки поглинання світла цим об'єктом, та наступною математичною обробкою отриманого зображення [2].

У цьому випадку, виходячи з природного оптичного розсіювання світлового потоку в напівпрозорому середовищі, яскравість зображення в кожній щільності поперечного перерізу буде пропорційна шляху світлового потоку, тому це дозволить визначити його геометричні розміри відповідно до його напрямку поширення.

Таким чином, диференціальна залежність яскравості зображення у кожній точці поперечного перетину мікрооб'єкту, дозволяє визначити третю координату морфології об'єкта та побудувати його тривимірну модель.

Результатом спектрального аналізу зображення може бути спотворення через аберації оптичної системи, проте ці похибки можуть бути визначені, залученням щодо імітації подвійного відпалу зображення, відносно до його 2D-зображення (рис. 1а, б).

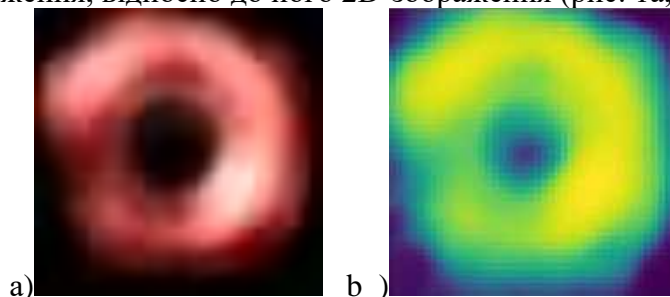


Рисунок 1 - Зображення одиночного еритроциту в червоному світлі  
(а) та після подвійного відпалу (б)

Подальше використання методу цифрової обробки сигналів перетворення основи Фур'є отримати оцінку алгоритму обробки зображення визначення морфологічних ознак особливостей об'єктів з винятковим властивістю щодо геометричних параметрів стану плазматичних мембран.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. R.Ravel, Clinical Laboratory Medicine. Chicago, 1989. P.692. (англ.)
2. Ford, J. (2013), Red blood cell morphology. International Journal of Laboratory Hematology, 35: 351-357. <https://doi.org/10.1111/ijlh.12082> (англ.)
3. Щапов П. Ф. Побудова тривимірного зображення еритроцитів з використанням інтерференційного мікроскопа / П. Ф. Щапов, Т. В. Бернадська, О. В. Манжелей // Автоматизація, електроніка, інформаційно-вимірювальні технології: освіта, наука, практика [Електронний ресурс] : матеріали 4-ї Міжнар. наук.-техн. конф., 01-02 грудня 2022 р. / ред. кол.: П. О. Качанов [та ін.] ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" [та ін.]. – Електрон. текст. дані. – Харків, 2022. – С. 68-69. – URI: <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/60508>.

РОЗРАХУНОК ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ  
ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ

Мерчанський М. О., студент, e-mail: [wie2123123@gmail.com](mailto:wie2123123@gmail.com)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Чорна М. О.

Державний біотехнологічний університет

Постановка задачі, аналіз основних досліджень і публікацій. Передпосівна обробка насіння важливий процес підготовки насіння до посіву, який включає в себе обробку інсектицидними та фунгіцидним протруйниками для запобігати хворобам та боротьби зі шкідниками, а для активізації проростання насіння у суміш для протруєння доцільно додавати композиції поживних елементів та біологічно-активних речовин, що активують та регулюють проростання. Цей етап є дуже важливим, оскільки від цього залежить якість, та врожайності культури. Також немало важливим фактором є зберігання зібраного зерна для подальшого посіву.

Мета дослідження. З'ясувати як можна оптимізувати процес передпосівної обробки насіння та як з цим можуть допомогти електрообладнання.

Основні матеріали досліджень. Більшість експорту товарів з України припадає саме на аграрний сектор, а саме приблизно 26,6 % експорту зернових культур з України. Це обумовлено гарним кліматом для росту рослин та великою кількістю чорнозему в якому багато поживних речовин та мікроелементів. Однак для того, щоб засіювати треба спочатку звідкись взяти насіння. Маємо декілька варіантів: 1) Купувати насіння; 2) Зберігати насіння минуло річного урожаю. Для людей в яких нема достатньої кількості посадочної прощі, їм краще закуповувати насіння, це не дуже затратно. А для ферм під якими 50, а то і всі 200 гектар це питання вигідніше роздивляться збоку накопичення запасів насіння на наступний рік. Насіння не можна довго зберігати без належних умов, для нього треба жорсткий контроль температури, вологості та циркуляції повітря. Не рідко бували випадки, коли тони зерна лежачи на складах псувались та зацвітали. Саме для уникнення такого в елеваторах використовуються витяжки та розмішувачи зерна, що б уникнути його локального нагріву. Але не все насіння підходить до посадки, тоді перед посівом застосовують стрічку з усіляких фільтрів, сіток для групування розмірів та оприскувачів, які забезпечують зерну захист від шкідників та хвороб. Для всіх цих машин потрібні електродвигуни, які будуть приводити їх в рух.

Асинхронний електродвигун найпопулярніший у світі спосіб перетворення електроенергії в механічну. Тож спочатку треба визначити, яка потужність електродвигуна потрібна, тому що оптимальний режим роботи дозволяє забезпечити ефективність процесу та знизити споживання електричної енергії. Також щоб зменшити витрати електроенергії і підвищити швидкість транспортування зерна, слід виконати розрахунки і з'ясувати, де буде доречною установка системи пневматичного транспортування зерна. Також енергоефективність може бути підвищена за допомогою використання різних методів контролю швидкості електрообладнання, таких як зміна частоти струму живлення, напруги, кількості пар полюсів первинної обмотки та ін.

Висновок. Таким чином, оптимізація роботи електрообладнання для передпосівної обробки насіння може не тільки зекономити кошти на електроенергію, а ще й підвищити урожайність та якість посаджених культур.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://agrovio.com.ua/article.php?id=87>
2. <http://surl.li/btpcg>
3. <http://surl.li/fuuf>
4. <https://stylus.ua/uk/articles/445.html>
5. <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2022/12/21/695285/>

## ВИКОРИСТАННЯ РАДІОЛОКАЦІЇ SUPER-FOAM ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЛЮДЕЙ ПІД ЗАВАЛАМИ

Моргун Д. О., магістр, e-mail: [morgandima66@gmail.com](mailto:morgandima66@gmail.com)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.

Державний біотехнологічний університет

Як правило, під час воєнних дій крах будівель відбувається дуже швидко, і значна кількість людей з травмами різної тяжкості потрапляє під завали. За даними Рятувальних служб України: «Кількість загиблих на момент руйнування будинків та споруд у середньому може складати від 20 до 80% загальної кількості постраждалих. Ураження, як правило, супроводжується механічними травмами від легкого до вкрай важкого ступеня і залежить від багатьох факторів. Через 3-4 доби люди, що знаходилися під завалами живими, гинуть від переохолодження, спраги та інших причин. Через 7-10 діб шанси знайти живу людину під завалами практично відсутні, але мали місце випадки, коли знаходили живих людей і після 10 діб. Як правило, близько половини постраждалих (що знаходяться під завалом) не в змозі повідомити про місце свого знаходження через отримані травми та непритомний стан. У першу добу після травмування при відсутності медичної допомоги загибель серед постраждалих може сягати 40%».

Залежно від наявності відповідних сил та засобів, пошукові роботи можуть проводитись наступними способами:

- безперервне візуальне обстеження місця рятувальних робіт (об'єкт, будівля);
- використання спеціально підготовлених собак (обробник собак);
- використання спеціальних пошукових пристроїв (технічний метод).

Останнім часом пристрої все більше удосконалюються, що дозволяє виявляти об'єкти під завалами будівельних конструкцій. Метод віддаленого виявлення та діагностики людей, що знаходяться за оптично непрозорими перешкодами, заснований на модуляції радіолокаційного сигналу з коливальними рухами тіла та органів людини, називається біорадіолокацією. Висока чутливість таких систем пояснюється можливістю виявлення нерухомої людини, на підставі руху грудей під час дихання в діапазоні від 0,5 до 1,5 см.

Відповідно до принципу дії, біорадіолокатори є доплерівськими надширококустовими (SSHP) радіолокаторами для віддаленого вимірювання параметрів серцевої та респіраторної активності людини. Функціонування доплерівського радіолокатора базується на відбитті електромагнітних хвиль від об'єкта, який утворює розділ двох середовищ, які мають різні параметри, та зміні параметрів сигналу, відображеного від рухомого об'єкта. Такі радари повинні виявляти людей, що знаходяться за перешкодами різних типів на тлі потужних відбитків від основної поверхні, яка їх оточує.

Запропоновано побудувати систему, використовуючи надкороткі наносекундні імпульси як робочий сигнал, який дозволяє відмовитися від електронного сканування, а також зменшити вплив локальних об'єктів і розрізнити розташовані близько об'єкти у просторі. Працюючи з короткими імпульсами, щоб забезпечити високу чутливість до переміщення об'єкта (рух грудної клітки становить близько 1 мм), необхідно контролювати фазу сигналу, яка забезпечується схемою з виявленням фаз.

Висновок. Представлене рішення проблеми виявлення може бути корисним не тільки в медицині катастроф, але і при огляді транспортних контейнерів з метою виявлення осіб, які незаконно перетинають кордон та в багатьох інших завданнях виявлення.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Immoreev “Radar Observation of Objects, which Fulfill Back-and-Forth Motion”. Springer, New York, Dordrecht, Heidelberg, London, 2010.



ВИРІШЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЗАДАЧІ З РОЗРАХУНКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА  
НАСОСА ЖИВЛЕННЯ ВОДОНАГРІЙНОГО КОТЛА

Пастушенко Р. Р. студент, e-mail: [roman.r.p21@ukr.net](mailto:roman.r.p21@ukr.net)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Чорна М. О.

Державний біотехнологічний університет

Мета дослідження: запропонувати варіанти живлення насосу електроенергією з альтернативних джерел для забезпечення автономної роботи, енергонезалежності та економічної вигоди.

Основні матеріали дослідження.

Головною задачею насосу живлення водогрійного котла є забезпечення справної циркуляції води по системі опалення, тому необхідно розраховувати потужність, яка чітко відповідає необхідності. Насоси – гідромашини призначені для перекачування рідин, які перетворюють механічну енергію приводного двигуна у механічну енергію рухомої рідини.

Рециркуляційні насосні установки використовуються в водогрійних котельнях і в котельнях змішаного типу (з паровими і водогрійними котлами). Їх призначення в підтримці температури води на вході в водогрійний котел не менше допустимої з урахуванням використання палива.

З цією метою, рециркуляційний насос частину нагрітої води, подає знову на вхід в котел, де вона переміщується зі зворотно направленою водою з теплової мережі і збільшує її температуру до заданої величини, для роботи в котельнях часто використовуються мережеві насоси. Такі вироби виконують функцію перекачування в тепло-мережевий системі гарячої води.

Характерними рисами мережевих насосних пристроїв є простота монтажу і невибагливість в обслуговуванні. Такі матеріали, як якісна сталь і сірий чавун, з яких виготовляється подібна техніка, сприяють підвищенню запасу міцності і довговічності насоса.

Найефективнішим альтернативним джерелом енергії для насосу, є стаціонарна сонячна електростанція (СЕС) - інженерна споруда, що перетворює енергію сонячного випромінювання на електричну енергію.

Для вирішення задачі з живлення насосу буде досить невеликої установки, котра не вимагатиме великих капіталовкладень. Даний метод має декілька переваг.

По-перше призведе до заощаджень на рахунках за електроенергію, по-друге в перспективі потужність СЕС можливо збільшити та використовувати для живлення усього будинку, по-третє при масовому використанні призведе до зменшення споживання електро енергії з мережі, що в свою чергу дозволить відмовитися від застарілих електростанцій, забруднюючих навколишнє середовище.

Висновки: На мою думку, подібне використання сучасних технологій набуде найбільшого розвитку не у комунально-побутових споживачів, а у великих підприємств із більшими потребами, фінансами та можливостями.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/10333> Наукова бібліотека ДБТУ

ТРАНЗИСТОРИ З РІДКОГО МЕТАЛУ – ОСНОВА  
БІОЛОГІЧНО СУМІСНИХ КОМП'ЮТЕРІВ

Петкогло Д. Ю., студентка, e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Науковий керівник: к.т.н., доцент Чорна М. О.

Державний біотехнологічний університет

Постановка проблеми, аналіз останніх досліджень та публікацій. Транзистори є основою для всіх сучасних електронних пристроїв. І свого роду аналоги транзисторів також мають стати основою м'якої та біологічно сумісної електроніки, яка зможе функціонувати, будучи вбудованою прямо у тіло людини чи іншої живої істоти.

Мета досліджень. Дослідження транзисторів з рідкого металу та перспектива їх розвитку.

Основні матеріали досліджень. Рідкий метал може працювати як електричний вимикач за рахунок створення та розмикання контакту між двома крапельками металу. Коли до цих крапель підводиться електричний потенціал певної полярності, вони притягуються один до одного та контактують, що дозволяє протікати електричному струму через місце контакту. При зміні полярності електричного потенціалу, що подається крапельки металу відштовхуються один від одного і контакт розмикається.

Щоб створити рідкометалевий транзистор, ученим довелося навчитися штучно викликати явище капілярної нестабільності серед рідкого металу. Саме завдяки цьому ефекту під впливом електричного поля одна крапля металу поділяється на дві. Вчені називають все це рідкометалевим транзистором через те, що він має ряд властивостей, схожих із властивостями звичайних напівпровідникових транзисторів.

Щоб створити рідкометалевий транзистор, ученим довелося навчитися штучно викликати явище капілярної нестабільності серед рідкого металу. Саме завдяки цьому ефекту під впливом електричного поля одна крапля металу поділяється на дві. А посилюється цей ефект за рахунок електрохімічної реакції на поверхні металу, перепад товщини шару оксиду, що створюється на поверхні, викликає перепад сил поверхневого натягу, яке і розділяє одну краплю на дві менші краплі.

Називають все це рідкометалевим транзистором через те, що він має ряд властивостей, схожих із властивостями звичайних напівпровідникових транзисторів. Дві краплі рідкого металу, що формуються, дуже схожі на два електроди польового транзистора, стік і виток. І, використовуючи керуючий електричний потенціал, можна домогтися закриття або відкриття рідкометалевого транзистора. Така технологія надає масу унікальних можливостей, на її основі можна буде створювати повністю перебудовані фізично рідкометалеві електронні схеми.

Висновки. Область застосування нового типу "програмованої матерії" практично нескінченна. Вироби, виготовлені з такої матерії, зможуть змінювати не тільки свою форму, а й свої функціональні можливості, підлаштовуючись оптимальним чином під особливості завдання, що вирішується в даний момент.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Архітектура комп'ютера та конфігурування комп'ютерних систем на основі фундаменталізованого підходу. О. В. Антоненко, І. О. Бардус. <https://library.kre.dp.ua/Books>

ВИКОРИСТАННЯ УЛЬТРАЗВУКУ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ  
Попадин В. М. бакалавр, e-mail: [mihajlovaimesg@gmail.com](mailto:mihajlovaimesg@gmail.com)  
Науковий керівник: проф. Михайлова Л. М.  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Ультразвукова діагностика (УЗД) – нешкідливий і неінвазивний метод діагностики, який використовує звукові коливання ультразвукового діапазону. В основі методу лежить принцип відбиття ультразвукових хвиль, що генеруються перетворювачем, на структури людського тіла з різною ультразвуковою проникністю, їх зворотне сприйняття та подальша комп'ютерна обробка. Потім на моніторі з'являється зображення внутрішніх органів, яке потім інтерпретує лікар. Будь-яке середовище перешкоджає поширенню ультразвуку, включаючи тканини тіла. Частина хвиль поглинається, але більша частина відбивається.

Максимальна хвиля відбивається від повітря, тому ультразвук не може дослідити легені (але можна виявити середостіння та рідину в плевральній порожнині), газ в кишечнику перешкоджає скануванню, а шкіра пацієнта покривається спеціальним гелем. Сенсор, нанесений на поверхню людського тіла дозволяє прилипати без присутності повітря [1].

Ультразвуковий сигнал у природі був відкритий у 1794 р. італійським ученим Л. Спалланціані, який висунув гіпотезу, що орієнтація цієї тварини в просторі відбувається за допомогою невидимих і безшумних «променів». У 1876 р. англійському вченому Ф. Гальтону вперше вдалося створити штучні ультразвукові хвилі. У 1880 році брати Кюри відкрили п'єзоелектричний ефект. Завдяки технічним досягненням ці відкриття були використані для розробки першого медичного діагностичного пристрою в 1937 році, а саме відкриття одоновимірної ехоенцефалографії. А в 50-х роках вперше був розроблений прилад для створення ультразвукових зображень внутрішніх органів.

Десятиліттями активно використовувалася ультразвукова діагностика, і сучасну медицину вже неможливо уявити без такого виду медичної візуалізації органів і систем.

Чим більша різниця характерних опорів сусідніх середовищ, тим більша амплітуда сигналу. Відбиті ультразвукові хвилі вловлюються датчиком. Після посилення та перетворення в електричні сигнали інформація оцифровується АЦП (аналого-цифровий пристрій) і подається в комп'ютер.

Інформація обробляється за допомогою програмного забезпечення і на екрані виводиться двовимірне зображення тканини, через яку пройшли ультразвукові хвилі.

Ультразвук - це еластична хвиля з частотами, які виходять за межі діапазону людського слуху. Частота ультразвуку коливається від 1 до 20 мГц [2].

Використання властивостей ультразвуку в діагностиці засноване на принципі ехо-сигналу. Найбільш функціональним блоком ультразвукового перетворювача є п'єзоелектричний кристал. Кристали здатні перетворювати електричні коливання в механічні і навпаки. Коли кристал поміщають у ковзне електричне поле, звукові хвилі генеруються шляхом зміни його форми. Якщо ж на кристал впливають звукові хвилі, то завдяки його формі створюється електронний імпульс. У першій фазі кристал, що знаходиться в мінливому електричному полі, починає коливатися. Перетворювач випромінює інтенсивний короткий імпульс. Відразу після цього датчик переходить в режим прийому. Відлуння, відбиті на межі середовища, повертаються до кристала, і кристал вібрує. Ці вібрації перетворюються в електричні сигнали, які утворюють основу для відновлення зображення.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Терещенко М. Ф., Тимчик Г. С., Чухраєв М. В. та ін. *Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої*: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2018. 180 с., іл.

2. Ультразвукове дослідження. - URL: <https://imedic.kiev.ua/uk/statyi/uzi/1658-ultrazvukove-doslidzhennya>

Постановка проблеми. На поверхні живої тканини формується біоелектричний потенціал. Його поява обумовлена наявністю заряду в мембрані клітини, який утворився через відмінність концентрації неорганічних іонів в її внутрішній та зовнішній ділянках.

За рахунок наявності біоелектричних процесів в клітинах організму, стало можливим виконання діагностики функціонального стану органів та тканин людини. Точність визначення спеціалізованими медичними приладами величин біопотенціалів поверхні того, або іншого органу, залежить не тільки від врахування його властивостей, але й від застосування відповідних методів та засобів для подавлення зовнішніх і внутрішніх перешкод та завад, що впливають на результат вимірювання. Однією з таких перешкод є потенціал поляризації, наявність якого обумовлена електрохімічними процесами на кордоні зіткнення електрод – шкіра. Тому, розробка заходів боротьби з ним є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Провівши пошук по сучасним вітчизняним літературним джерелам в напрямку методів та засобів пригнічення потенціалу поляризації встановлено, що для боротьби з ним використовують високочастотні фільтри. Вони мають різноманітні схемні рішення, але єдиного структурного варіанту схеми, який дозволяв би максимально зкомпенсувати дану заваду не знайдено.

Мета роботи. Розрахувати ВЧ-фільтр діагностичних медичних приладів для максимального зменшення впливу потенціалу поляризації на вимірювання величин біопотенціалів органів та тканин.

Основні матеріали дослідження. Розрахунок високочастотного фільтру проводився за таким алгоритмом. Спочатку були отримані вхідні дані, а саме: тип фільтру – високочастотний, метод оптимізації фільтра – Бесселя, частота зрізу фільтра  $f_0 = 5$  кГц, коефіцієнт посилення фільтра в смузі  $K_0 = 5$  та схема фільтра – Рауха, рис. 1.

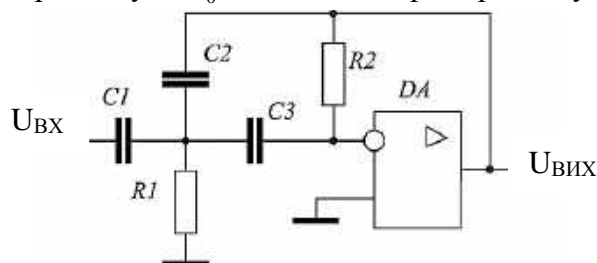


Рисунок 1 – ВЧ-фільтр другого порядку за схемою Рауха

Далі була виведена передавальна функція даного фільтра. За табличними даними отримані значення її коефіцієнтів. На їх основі та з використанням певних формул були визначені розрахункові значення опорів та ємностей RC-ланцюгів фільтра, а опираючись на їх ряди номіналів отримані остаточні значення. Потім виконане комп'ютерне моделювання роботи розрахованого фільтра в програмі Multisim [1].

Висновки. В результаті проведеної роботи був виконаний аналіз інформаційних джерел в напрямку методів та засобів пригнічення потенціалу поляризації, розрахований ВЧ-фільтр за схемою Рауха, проведене моделювання його роботи в програмі Multisim, результати якого свідчать про відповідність висунутим вимогам до роботи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи конструювання БМА та основи технології виробництва БМА для біооб'єктів: метод. вказівки до виконання курсового проєкту здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч., спец. 163 «Біомедична інженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад.: Н. Г. Косуліна, М. О. Чорна, В. В. Сухін. – Харків: [б. в.], 2023. – 58 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПОЛЯ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ  
ЕНДОМІТРИТУ КОРІВСвіжий В. В. бакалавр, e-mail: [duman.alexsandr@gmail.com](mailto:duman.alexsandr@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Думанський О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Ендометрит це запалення слизової оболонки матки. За перебігом буває гострим і хронічним, по прояву клінічно вираженим і субклінічними (прихованим), за характером ексудатів - серозні, катаральні, гнійні, фібринозні.

Основними причинами розвитку ендометритів є стрептококи, стафілококи, диплококи, кишкова і паратифозна палички, збудники вібріозів, трихомонозу, бруцельозу і туберкульозу. І.М. Афанасьєв (1972) у 84% безплідних корів виділив мікроби і встановив позитивну кореляцію між обсемененністю матки мікробами і хронічним ендометритом, а також іншою патологією ендометрію у корів [1].

У сучасних умовах для лікування ендометриту тварин використовуються антибіотики, гормони та інші хімічні препарати. Антибіотики та інші медикаменти, потрапляючи в організм людини через молоко і м'ясо корів, пригнічують імунітет, уражають печінку й інші органи, що призводить до різних захворювань. Тому немедикаментозне лікування ендометриту у корів є актуальною задачею.

Розробка терапевтичної електромагнітної технології для лікування ендометриту корів пов'язана з теоретичними та експериментальними дослідженнями з визначення параметрів електромагнітного поля і створенню антенної системи для внутрішньоутробного лікування запалень матки [1, 2].

Найбільший терапевтичний ефект слід чекати від застосування інформаційного електромагнітного поля міліметрового діапазону. Дані численних досліджень дозволили припустити, що вибором робочих частот (спектру частот) електромагнітного поля можна досягти сприятливого впливу на хід лікування при багатьох хворобах як людей, так і тварин. Доведено, що сигнали, подібні електромагнітні поля, виробляються і використовуються в певній меті самим організмом, а зовнішнє опромінювання лише імітує їх [2].

Проникаючи в організм, це випромінювання на певних (резонансних) частотах трансформується в інформаційні сигнали, які здійснюють управління і регулювання відновними процесами або пристосованими процесами в ньому.

Електромагнітне випромінювання при впливі на патологічні процеси в організмі тварин призводить до зниження рецепторної чутливості, зменшенню тривалості фази відновлення, активізації регенеративних процесів, прискоренню і корекції гормональної та ферментативної систем, поліпшенню мікроциркуляції крові і лімфи. При відповідних параметрах електромагнітного поля, що впливає на кров тварини, поліпшується транспорт поживних речовин і відпрацьованих продуктів метаболізму, підтримання водного балансу тканин, перенесення активних субстанцій, що регулюють характер і активність обмінних процесів в клітинах і тканинах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Думанський О. В. Лікування електромагнітним випромінюванням. *Збірник наукових праць: випуск 22. Подільський державний аграрно-технічний університет; за редакцією доктора економічних наук, професора, Заслуженого працівника сільського господарства України, в.о. ректора університету (голова) В.В. Іванишина. Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет, 2014. – С. 474-477.*

2. Михайлова Л. Н. Применение электромагнитного поля крайневысокой частоты для лечения животных. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* 2012. – № 1. – С. 13-16.



## ЄМНІСНИЙ ВИМІРЮВАЧ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ РІВНЯ ЗЕРНА В ЗЕРНОСХОВИЩАХ

Сидоренко Д. С., магістр, e-mail: [dimasidorenko405@gmail.com](mailto:dimasidorenko405@gmail.com)

Науковий керівник: к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.

Державний біотехнологічний університет

В сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу зростає потреба в автоматизації технологічних процесів переробки і зберігання сільськогосподарської продукції.

Виходячи з цього, є актуальним вимірювання технологічних параметрів електричними засобами, зокрема пропонується для вимірювання рівня рідини або сипучого матеріалу використання електричних давачів рівня. Вони принципово можуть бути побудовані як на базі кондуктометричних, так і ємнісних елементів.

На основі наведених даних обираємо ємнісний давач, за допомогою якого можливо вимірювати рівень неелектропровідних рідин (питома електропровідність менше  $10^{-6}$  См/м) та зерна у зерносховищах.

Конструктивно ємнісний давач представляє собою циліндричний конденсатор, міжелектродний простір якого до висоти  $h$  заповнений матеріалом, а простір  $H - h$  парогазовою сумішшю.

Нескладні математичні перетворення доводять, що повна ємність давача  $C_n$  дорівнює:

$$C_n = C_0 + \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln(D/d)} H \left[ 1 + (\varepsilon - 1) \frac{h}{H} \right],$$

де  $C_0$  - ємність прохідного ізолятора;

$\varepsilon_0$  - діелектрична постійна вакууму;

$\varepsilon$  - діелектрична проникність матеріалу;

$D, d$  - діаметри відповідно зовнішнього і внутрішнього електродів.

Аналіз наведеного виразу показує, що величина вимірюваного рівня пропорційна повній ємності застосованого давача, за рахунок чого вимірювальний прилад може бути проградуєований безпосередньо у одиницях рівня.

Висновки. Запропонований рівнемір дозволяє здійснювати вимір рівня зерна у зерносховищі з точністю не гірше 2,5%  $H$  (клас точності 2,5).

Недоліком є відсутність можливості вимірювання рівня рідини.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жемела Г. П. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва: підручник / Г. П. Жемела, В. І. Шемавн'юв, О. М. Олексик. – Полтава, 2003. – 420 с.

2. Сучасний стан питання якості та безпечності зерна та зернопродуктів в Україні / Л. М. Хомічак, Г. Д. Гуменюк, Л. В. Баль-Прилипка, Ю. В. Слива // Хлебопекарское и кондитерское дело, 2010. – № 3 (30). – С. 26-29.

3. Яковенко А. І. Що відбувається з якістю пшениці при зберіганні / А. І. Яковенко // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій, 2006. – Т. 2, Вип. 29. – С.45-47.

## ДОСТОВІРНІСТЬ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ МЕТОДІВ МАМОГРАФІЇ

Скубій О. М., e-mail: [skuby98@ukr.net](mailto:skuby98@ukr.net)

Науковий керівник: к.т.н., ст.викл. Гузенко В. В.

Державний біотехнологічний університет

Згідно зі статистичними даними Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), щорічно, у всьому світі, діагностується понад мільйон нових випадків розвитку злоякісних пухлин молочних залоз. Смертність від цієї патології перевищує 50 % всіх хворих. Аналіз недоліків та переваг сучасної мамографії в порівнянні з іншими методами (ультразвуковими, температурними) скрінінгу молочної залози спираючись на дослідження показників мінімальної роздільної здатності, часу досліджень, можливої шкоди здоров'ю пацієнток, економічної ефективності та доцільності, що об'єднані в узагальнений коефіцієнт точності та достовірності досліджень є актуальним завданням.

Метою наукової роботи є проведення оцінки для основних чотирьох методів мамографії - ексцизійна біопсія, ультразвукова діагностика, іонізуючі дослідження та термодіагностика.

Найбільш поширені методи скрінінгу молочної залози – ультразвукова діагностика, іонізуючі (рентгенівські) методи досліджень та термодіагностика. Здійснення заходів, спрямованих на більш раннє виявлення передпухлинних захворювань і раку молочної залози, є пріоритетними ще й тому, що лікування «локалізованих» форм раку сприяє стійкому багаторічному виліковуванню. Для оцінки достовірності дослідження введено групу значимих коефіцієнтів  $K_d$  – узагальнений коефіцієнт достовірності,  $K_e$  - коефіцієнт економічної ефективності,  $K_t$  - коефіцієнт часових затрат,  $K_m$  - узагальнений коефіцієнт точності, що включає в себе  $P_n$  - просторову роздільну здатність,  $V_a$  – яскравість візуалізації,  $K_{iu}$  – коефіцієнт ризику нанесення шкоди здоров'ю. Діапазон значень всіх коефіцієнтів ( $K_e, K_t, K_m, K_{iu}$ ) устанавлюємо від 0 до 1. Ексцизійна біопсія вважається «золотим стандартом» діагностики патології грудей. Проте, оскільки вона є інвазивною процедурою, яка несе певний потенціал загрози для здоров'я пацієнтки, а також може заподіяти психологічну травму, на практиці це останній діагностичний етап. Тому перед біопсією використовуються інші методи, менш інвазивні методики діагностики раку, які також мають свої ризики і обмеження. На основі обрахунків узагальнений коефіцієнт достовірності  $K_d$  для ексцизійна біопсії буде  $K_{деб} = 0,7 + 0,1 + 0,9 - 0,9 = 0,8$

При іонізуючій мамографії використовується рентгенологічне дослідження, яке є потенційно небезпечним для здоров'я людини. Під час проведення дослідження через щільно зафіксовану молочну залозу поглинається доза випромінювання в межах 0,1-0,2 Рад. Ультразвукові дослідження молочних залоз – метод скрінінгу в основі якого лежить використання акустичних коливань з частотою (2-10) МГц. Проходячи крізь біологічну тканину вони відбиваються від структур з різною щільністю.

На основі обрахунків узагальнений коефіцієнт достовірності  $K_{дуз}$  для ультразвукових досліджень буде  $K_{дуз} = 0,6 + 0,7 + 0,7 - 0,2 = 1,8$ . За допомогою запропонованої методики визначення достовірності методів мамографії встановлено, що найкращі результати дає іонізуюча мамографія. Розроблені іновачії створюють можливість значно поліпшити результативність дослідження та терапії захворювань молочної залози для виявлення раку на більш ранніх стадіях.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Скринінг, профілактика та рання діагностика раку грудної залози. Смоланка І. І., Скляр С. Ю., Головка Т. С., Ганіч О. В./ Національний інститут раку, К.
2. Терещенко М. Ф., Олійник Є. В. Підвищення якості ехографічного зображення для ультразвукових сканерів / Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КрНУ, 2014. – Вип.3/ 2014 (86). – С.53-58.

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОХВИЛЬ В МЕДИЦИНІ

Хіміч В. Г. магістр, e-mail: [ymdubick@gmail.com](mailto:ymdubick@gmail.com)Науковий керівник: канд. техн. наук, доцент Дубік В. М.  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Лікувальна дія мікрохвиль визначається впливом поглиненої енергії на рецептори тканин, виникненням початкового рефлексу хемо-, баро-, термо- рецепторів у зоні впливу, утворенням біологічно активних речовин, що викликають подразнення рецепторів поза зоною впливу (гуморальний компонент) та зумовлюючих загальна фізіологічна дія через регулювання механізми. Первинний вплив виникає у зоні безпосереднього впливу і складається з теплового та нетеплового компонентів. Переважне нагрівання м'язів та шкіри пов'язане з наявністю в них великої кількості рідини, особливо води, яка через дипольну релаксацію молекули H<sub>2</sub>O має у діапазоні сантиметрових хвиль область аномальної дисперсії та поглинання.

У лікувальній практиці використовують мікрохвилі дециметрового (0.1-1м) (ДМВ), сантиметрового (1-10 см) (СМВ), міліметрового (1-10 мм) (ММВ) діапазонів. Для сантиметрових хвиль характерно більше (до 60%) відбиття від поверхні тіла, менш глибоке (в середньому на 5-6 см) проникнення в тканини, нерівномірне поглинання різними шарами тканин, що може призводити до перегріву деяких ділянок. Дециметрові хвилі більш рівномірно і глибоко (в середньому на 8-9 см) проникають у тканини, не призводять до утворення стоячих хвиль, які визивають перегрів шкіри та підшкірної жирової клітковини. Внаслідок цього ДМВ терапія ширше застосовується в лікувальній практиці.

У ДМВ діапазоні в основному використовують хвилі довжиною 69, 65 та 33 см (частота 433, 460 та 915 МГц відповідно). Так ДМВ терапія, активуючи адаптаційно-трофічні системи, сприяє покращенню глюкокортикоїдної функції надниркових залоз, придушенню алергічних реакцій. Мінімальна тривалість впливу ДМВ до появи ефективного підвищення температури становить 3–5 хв, а максимальна – 30 хв.

У СМВ діапазоні використовуються електромагнітні хвилі довжиною 12.6 та 12.2 см (частота 2375 та 2450 МГц) 33–38. Це покращує провідність периферичних нервів, нормалізує лабільність нервово-м'язового апарату, зменшує атрофію м'язів, надає знеболювальну дію. Застосовується в стоматології, при захворюваннях порожнини рота та щелепно-лицьової області, оториноларингології, педіатрії, урології, гінекології.

У ММВ діапазоні в основному використовуються електромагнітні хвилі довжиною 1-10 мм (30-300 МГц). Інтенсивності випромінювання, що застосовуються, підвищують температуру тканин при локальних впливах на 0.1 °С. Енергія опромінення поглинається молекулами вільної води, водних розчинів, білків, ліпідів, кисню, колагену, мембранами клітин, ДНК. Поглинання енергії ММВ шкірою втричі більше, ніж СМВ та ДМВ. ММВ проникають у тканини на глибину 0.2–0.6 мм, впливаючи на епідерміс, сосочковий та ретикулярний шари шкіри. При впливі випромінювання ММВ діапазону ракові пухлини ростуть набагато повільніше, ніж без лікування, при цьому не ушкоджуючи здорові тканини. Електромагнітні хвилі даного діапазону легко фокусується у заданій точці.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чёрная М. А. Биофизический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты [Электронный ресурс] / М. А. Чёрная, Н. Г. Косулина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - 2013. - Вип. 142. - С. 86-87. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg\\_2013\\_142\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtusg_2013_142_32).

2. Мазур В.А. Біофізичні основи інформаційно-хвильової терапії тварин [Електронний ресурс] / В.А Мазур, Л.М Михайлова, ВМ Дубік // - Збірник наукових праць Подільського державного аграрно технічного університету. – 2015 – Вип. 23. Том 3. – С. 234-240. - Режим доступу: <https://znppdatu.at.ua/zb23Techn/24.pdf>.

## СЕКЦІЯ 5. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО- І ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

УДК 631.563

### ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АКТИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Білий Д. В., аспірант,

Бакуменко І. К., магістрант, e-mail: [bakum550@gmail.com](mailto:bakum550@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н., проф. Потапов В. О.

Державний біотехнологічний університет

В останні роки в багатьох європейських країнах відзначається помітне зростання обсягів фрукто- та овочесховищ зі штучно створюваним охолодженням, які приходять на зміну традиційним системам охолодження та вентиляції плодоовочевої продукції зовнішнім повітрям. Стали з'являтися нові вентиляційні системи з інтегрованим холодильним обладнанням. Прикладом такого інженерного рішення є промислова система активної вентиляції, яка дозволяє зменшити втрати врожаю на протязі 7-8 місяців зберігання до 4 - 5% та максимально зберегти споживчі і товарні властивості продукції.

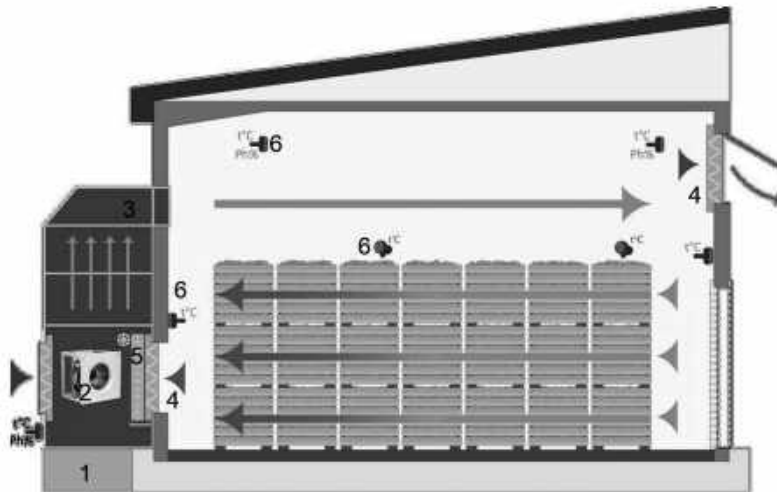


Рисунок 1 - Система активної вентиляції

Сучасна вентиляційна система (рис.1) оснащена системою припливно-витяжних установок, яка складається з: камери або шахти забору зовнішнього повітря і змішування його з внутрішнім повітрям 1, напірних протиконденсатних вентиляторів 2, магістрального і розподільних каналів 3, регульованих впускних і випускних заслінок і клапанів 4, системи інтегрованого холоду 5, датчиків температури, вологості та рівня вуглекислого газу 6, пульта управління 7. Устаткування для вентиляції з відносно невеликими додатковими витратами можна доукомплектувати системою підігріву і зволоження повітря. Повітря всмоктується в сховище за допомогою вентилятора через впускну заслінку, проходить між контейнерами до протилежної стіни, крізь холодильний теплообмінник і підіймається вгору, проходить у зворотному напрямку, де видаляється назовні через випускні заслінки. Перевагами такої системи є: регулювання температурного режиму за рахунок підмішування зовнішнього повітря, невеликі витрати на обслуговування, низькі вимоги до потужності завдяки невисокому зворотному тиску повітря, можливість встановлення додаткового електромеханічного охолодження [1].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Черановський Б. О. Засоби і способи створення мікроклімату в сховищах з біологічно активною продукцією. XLVI Науково-техн. конф. ВНТУ. Вінниця. 2017. С. 37.

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ  
МІКРОКАНАЛЬНИХ ВИПАРНИКІВ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ІНДУСТРІЇГаврилов В. К., магістр, e-mail: [valeraa524@gmail.com](mailto:valeraa524@gmail.com)Науковий керівник: доц. Петренко О. В.  
Державний біотехнологічний університет

Основним трендом розвитку техніки низьких температур є підвищення енергетичної ефективності та зниження впливу на навколишнє середовище. Ці показники, зокрема, можуть бути досягнуті інтенсифікацією теплообміну в апаратах та зниженням обсягу заправки робочої речовини у систему. Як відомо, близько 60% холодоагенту в холодильному циклі сконцентровано в теплообмінних апаратах, саме тому підвищення компактності теплообмінників одночасно зі збільшенням теплообмінної поверхні та інтенсифікацією тепломасопереносу є одним із найактуальніших завдань у холодильній індустрії.

Теплообмінники з малими каналами (мікроканалами) для підведення чи відведення теплоти відносяться до нового покоління компактних та високоефективних теплообмінних апаратів. Компактні теплообмінники з малими каналами знаходять широке застосування в теплових насосах, в холодильних установках, системах автомобільного кондиціонування, в охолоджувальних пристроях електронного обладнання, в малих хімічних реакторах і в системах охолодження паливних елементів ядерних реакторів.

Останнім часом значного розповсюдження набули мікроканальні теплообмінники, виготовлені повністю з алюмінію. Порівняно з традиційними такі теплообмінники є більш легкими, міцнішими, компактнішими, більш енергоефективними та надійними в експлуатації. Такі переваги досягаються завдяки особливій конструкції мікроканальних теплообмінників. Зокрема, ці вироби складаються з пластин з мікроканалами, що збільшує сумарну площу внутрішньої поверхні, до яких приєднується оребрення особливої форми. Колектори з розділювальними перегородками забезпечують найбільш ефективний розподіл холодоагента по мікроканалам. Крім того, завдяки високій корозійній стійкості алюмінію повністю відсутній ризик виникнення гальванічної корозії, якої неможливо уникнути у звичайних теплообмінниках при контакті двох металів (міді та алюмінію) внаслідок протікання гальванічних струмів.

Однією з основних конструктивних труднощів, пов'язаних із застосуванням мікроканальних випарників, є проблема організації дренажу льоду із зовнішньої поверхні пластин та ребра теплообмінника. Вузькі щілини між сусідніми мікроканальними пластинами швидко забиваються льодом при експлуатації в галузі застосування нижче 0°C це значно знижує ефективність поверхні теплообміну. Схема організації електричного відтаювання, характерної для традиційних теплообмінників з трубками круглого перерізу та насадженими на них ламелями, при використанні в мікроканальних випарниках є не практичним. Більш практичним рішенням для відтаювання мікроканального випарника є відтаювання гарячим газом, або використання мікроканального випарника у складі теплового насоса, коли теплообмінник може працювати змінно і як конденсатор, і як випарник. Але навіть у цьому випадку залишаються складнощі з ефективним відведенням льоду, що тане, з поверхні мікроканальних пластин. З цим пов'язано те, що зараз мікроканальні випарники в основному розглядаються для роботи в області середніх і високих температур кипіння холодоагенту (вище -5°C). Таким чином, потенційною областю мікроканальних випарників є системи кондиціонування, побутові, комерційні та промислові середньотемпературні холодильні установки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лагутін А. Ю., Стоянов П. Ф. Енергоефективні поверхні теплообміну апаратів повітряного охолодження: монографія // Одеса: Прес-кур'єр, 2018. – 216 с.



## ЕКОЛОГІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ПРОМИСЛОВОМУ ХОЛОДІ

Крижановський А. В., магістр

Науковий керівник: проф. Семенюк Д. П.

Державний біотехнологічний університет

Екологічність обладнання є популярною темою майже в усіх галузях промисловості. Є розуміння світової громадськості необхідності зниження впливу техногенного чинника на довкілля нашої планети. Однак, з цього питання немає єдиної доктрини, яка чітко застерігала б усі норми та критерії екологічності чи не екологічності обладнання та пов'язувала б у єдине ціле всі галузі. Тим не менш, одними з основних і загальноприйнятих і також зрозумілих для всіх причинно-наслідкових зв'язків є зниження енергоспоживання, отже, використовуваних енергоресурсів і зменшення кількості відходів різного характеру.

Холодильна індустрія націлена на енергоефективність та зниження можливих витоків фреонів, за рахунок переходу на холодоагенти з низьким ПГП (потенціалом глобального потепління), таких як фреони з низьким ПГП, аміак, вуглеводні, CO<sub>2</sub> та деякі інші. Такі світові лідери у виробництві холодильного обладнання як BITZER розробляють новітні лінійки компресорів, що працюють на CO<sub>2</sub> як холодоагент [1]. Компанія TEKUMSEN віддає пріоритет альтернативним холодоагентам – розробляє агрегати, що працюють на фреонах з низьким ПГП. CARREER активно займається оцінкою поширення природних холодоагентів у межах Європи. Сьогодні у світі існують екологічні об'єднання та спілки, що об'єднують найбільші корпорації в індустрії холоду та кондиціонування, які пропагують застосування природних холодоагентів – одні з найбільших компаній Євроасоціація EVROVENT та група компаній EURAMMON – Eurammon та Eurovent за екологічно безпечні холодоагенти [2]. Енергоефективність досягається за рахунок розвитку технологій, а також використання як джерела енергії: тіла землі, води, сонця та вітру.

За рахунок розвитку технології виробництва як побутових холодильників, так і промислових чилерів, споживання електроенергії знизилося з середньою на 70-80% для однакової холодопродуктивності, порівняно з 70-ми роками. Однак, незважаючи на такий технологічний стрибок, за рахунок загального попиту на холодильне обладнання, загальносвітове енергоспоживання холодильної техніки сягає 18-20% від загальної кількості світового споживання. За прогнозами до 2050 року використання холодильної техніки у світі збільшиться у 10 разів. Другий важливий момент для холодильної індустрії – це зниження кількості озоноруйнівних та ПГП газів в атмосферу. До 15% парникового ефекту виробляють холодильні холодоагенти (експлуатаційні та монтажні витoki). Для економії електроенергії BITZER виробляє динамічні регулятори продуктивності – динамічне регулювання холодопродуктивності поршневих компресорів. Компанія SABERO є передовим розробником у галузі енергоефективності інженерних систем будівель. Фахівці компанії RMC планують зменшити споживання холодильних компресорів, які використовуються у побутовому, торговому холоді, промислових чилерах, системах ОВіК на 50% у найближчі роки. Компанія EMBRACO здійснила революцію серед герметичних компресорів і запустила новітню технічну розробку WCMOTION з відсутністю мастила. Безмаслені компресори нового покоління будуть малозумними та енергоефективнішими на 20% від відомих аналогів. Таким чином, вендори холодильної індустрії задають основну динаміку розвитку застосування екологічних технологій.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. BITZER. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.bitzer.de/>.
2. EVROVENT. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.eurovent-certification.com/>.
3. EMBRACO. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.embraco.com/>.

КАСКАДНІ СИСТЕМИ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ НА CO<sub>2</sub>  
ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВ ПРОДУКТОВОГО РІТЕЙЛУ

Лагодич В. Д., магістр, e-mail: [online@lagodych.com](mailto:online@lagodych.com)

Науковий керівник: доц. Петренко О. В.

Державний біотехнологічний університет

На сьогодні у сфері енергетики, до якої відноситься й холодильна і кліматична індустрія, стоять два пріоритетні й дуже важливі завдання: підвищення енергоефективності та мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище. Холодопостачання на основі каскадних холодильних систем з використанням природних холодоагентів повною мірою відповідає цим пріоритетним завданням. У рамках цього напрямку доцільно розробляти та впроваджувати сучасні ефективні каскадні системи холодопостачання для підприємств продуктового ритейлу в Україні.

До природних холодоагентів відносять – двоокис вуглецю (вуглекислий газ, CO<sub>2</sub>, R744) – один з найбільш перспективних природних холодоагентів. Він не горить, не руйнує озоновий шар, має низький потенціал глобального потепління (ГПП=1), але при цьому небезпечний для здоров'я в концентраціях, що перевищують 5% за об'ємом. R744 можна використовувати як робочу речовину в системах кондиціонування автомобілів і житлових приміщень, у теплових насосах, системах холодопостачання підприємств ритейлу та харчової індустрії, вендінг-торгівлі [1].

Каскадна холодильна установка на CO<sub>2</sub> – це установка яка працює на каскадах, що складаються з одноступінчатих машин, званих нижньою і верхньою гілкою каскаду і що об'єднуються загальним випарником-конденсатором, що включає компресори, теплообмінники, термоізолюваний акумулятор холоду.

Каскадні системи, як правило, не використовуються в холодильних системах з традиційними холодоагентами. Для цього є кілька причин. По-перше, в цьому випадку необхідно забезпечити використання двох різних холодоагентів у одній системі. По-друге, стратегія управління такою системою (особливо системою з каскадним теплообмінником) набагато складніше.

В той же час використання вуглекислого газу CO<sub>2</sub> в каскадних системах дає цілий ряд переваг [2]:

- робочий тиск CO<sub>2</sub> в каскадних системах не високий (зазвичай 40-45 бар);
- ефективність такої системи досить висока навіть у умовах спекотного клімату;
- для високотемпературного контуру потрібно дуже невелика кількість холодоагенту;
- різниця температур у каскадного теплообмінника відносно низька.

На сьогодні найбільш широке поширення для підприємств продуктового ритейлу отримали каскадні системи на CO<sub>2</sub> з безпосереднім кипінням і насосною подачею. Ефективність таких установок є однією з найбільш високих, а невеликий розмір трубопроводів, як для низькотемпературного, так і для середньотемпературного застосування, робить ці установки унікальними [3].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. “ASHRAE Position Document on Refrigerants and their Responsible Use”, available at: <https://www.ashrae.org>.
2. Системи охолодження на CO<sub>2</sub> для продовольчих магазинів роздрібної торгівлі [Електроний ресурс]. – Режим доступу : [www.danfoss.com/CO2](http://www.danfoss.com/CO2).
4. Петренко О. В. Використання CO<sub>2</sub> у системах холодопостачання торговельних підприємств / О. В. Петренко, Д. П. Семенюк, І. Р. Діц // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. – 2017. – Вип. 1. – С. 184-195.

## ОСНОВНІ ЕТАПИ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Ляшенко С. Ю., магістр, e-mail: [slayer0233@gmail.com](mailto:slayer0233@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Якушенко Є. М.  
Державний біотехнологічний університет

Проектування системи холодопостачання включає розробку проектно-кошторисної документації, необхідної для проведення будівельних та монтажних робіт. Це важливий етап інвестиційного циклу, який найбільше визначає ефективність наміченого будівництва. Без проектно-кошторисної документації вести будівельно-монтажні роботи забороняється.

Перед початком проектних робіт системи холодопостачання розробляється технічне завдання, де проектувальник конкретизує та уточнює завдання, які ставить Замовник.

Проектування починається з вибору основних складових системи холодопостачання: холодильного агенту; системи охолодження; системи холодопостачання.

На сьогоднішній день існує два види холодопостачання:

- Централізований тип. Система циркулювання фреону у цій системі здійснюється за окремими мережами, які беруть свій початок від загальної холодильної установки. Такі системи використовуються у промисловій сфері, рефрижераторних поїздах тощо.

- Децентралізований тип. Це приклад звичайного холодильника. Тобто, кожен об'єкт має свою, закриту систему циркуляції охолоджуючої рідини. Серед прикладів можна назвати прості побутові холодильники, морозильні камери, кондиціонери тощо.

Устаткування холодопостачання включає в себе великий ряд холодильних установок. Це є таке промислове холодильне обладнання:

- - теплообмінники;
- - акумулятори холоду і випарники;
- - насоси для перекачування холодоагенту;
- - вентиляційні установки;
- - комплектуючі та інше обладнання.

Проектування холодильного обладнання здійснюється висококваліфікованими фахівцями, які виконують точний розрахунок та підбір холодильного обладнання відповідно до поставлених завдань. Це дозволяє знайти раціональне та комплексне рішення для будь-якого виробництва. Проектування холодильних машин здійснюється для всіх сфер бізнесу.

Проектування складових системи холодопостачання починається з вибору: холодильного агенту; системи охолодження; системи холодопостачання.

Організація здійснює розробку проектної документації за такими розділами:

- холодопостачання;
- автоматизація холодопостачання;
- вентиляція;
- технологічні процеси;
- теплоізоляція огороджувальних конструкцій.

Проектування інженерних систем здійснюється у суворій відповідності до вимог чинних нормативно-технічних документів. Усі роботи з монтажу цих систем виконуються у повній відповідності до всіх вимог і правил.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенюк Д. П. Технологічне холодильне обладнання [Електронний ресурс] : навч. посібник : у 2 ч. Ч. 1 / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Електрон. дані. – Х. : ХДУХТ, 2018. – С. 241.

2. Холодильні машини та установки. Дипломне проектування [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. В. Петренко [та ін.] ; Харків. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Х.: [б. в.], 2019. – 176 с.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В СУПЕРМАРКЕТАХ

Міщенко В. В., e-mail: [vitalabatala1@gmail.com](mailto:vitalabatala1@gmail.com)

Науковий керівник: асистент, Ph.D. докторант Смілик М. М.

Державний біотехнологічний університет

Основним показником є правильно підібраний температурний режим в охолоджуємо об'ємі. Для підтримки умов зберігання необхідно зберігати продукти окремо, але зазвичай це економічно не вигідно. Тому при великій кількості продукції практичні міркування вимагають змішаного зберігання продуктів. Як правило, в охолоджуючих вітринах для змішаного зберігання температура зберігання трішки вища оптимальної. Більш висока температура скорочує термін зберігання деяких продуктів, але це зазвичай не надає серйозну проблему при короткостроковому зберіганні у даному випадку на супермаркеті.

Зрозумівши те, що при збільшенні температури в об'ємі на декілька градусів у нічний час для більшості продукції яка охолоджується на 2 град вище ніж зазвичай не змінює своїх властивостей, тому ми вирішили зробити дослідження, як буде змінюватись робота холодильного обладнання в нічний час в той же період часу, на тому ж самому обладнанні та обороту продукції. Для нашого дослідження ми використали данні супермаркету де знаходиться 29 холодильних вітрин які підключені на холодильну станцію з трьох холодильних компресорів.

Перший день ми зробили заміри при стандартній роботі холодильних вітрин та отримали такі данні. З цього графіку видно, що загальний час обладнання за 4 години склав безперервної загальної роботи 3 години 55 хвилин одного компресору

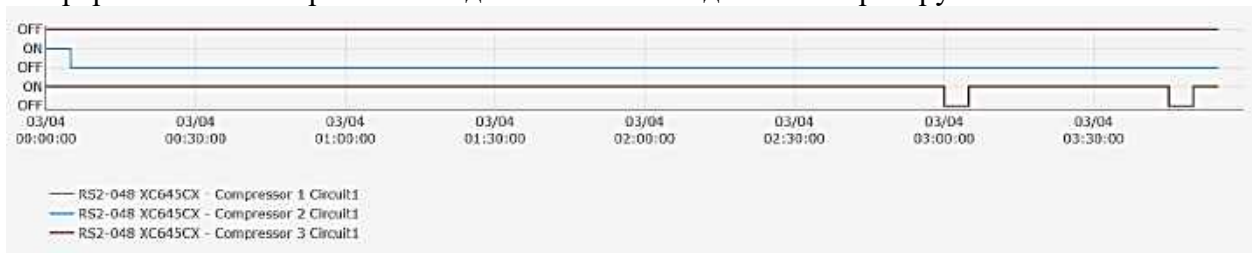


Рисунок 1 - Робота холодильного обладнання при звичайному температурному режимі.

Другий день ми зробили заміри при стандартній роботі холодильних вітрин та отримали такі данні. З цього графіку видно, що загальний час обладнання за 4 години склав безперервної загальної роботи 3 години 5 хвилин одного компресору.

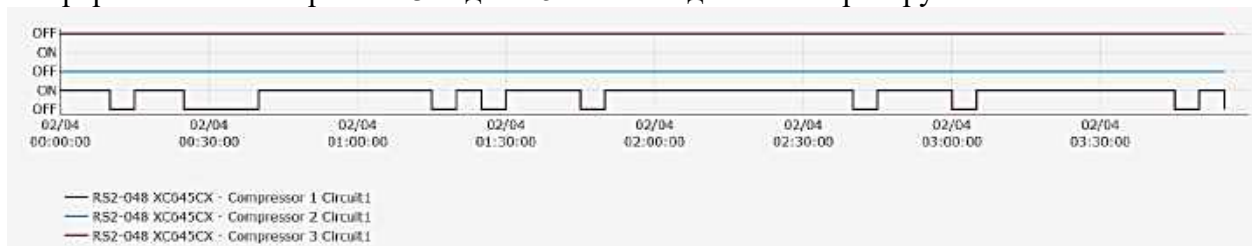


Рисунок 2 - Робота холодильного обладнання при підвищенні температури на 2С в торговельному холодильному обладнанні у супермаркеті.

Виходячи з цих даних, можемо зробити висновок, що холодильне обладнання при підвищенні температури на 2С у нічний час працює на 27 відсотків менше.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Доссат Р. Дж. Основи холодильної техніки\ Principles of Refrigeration \ Рой Дж. Доссат, Томас Дж. Хоран.

2. Інструкція моніторингу Xweb EVO 500D // URL: <https://webapps.emerson.com/Dixell/Content/Pages/Manuals/XWEBEVO/XWEBEVOV5.6.0OPERATION/XWEB-EVO-r5.6.0-OPR-EN.pdf> (дата звернення 29.03.2023)

АНАЛІЗ ПРОЦЕСІВ ЗАМОРОЖУВАННЯ КУРЯЧИХ СУБПРОДУКТІВ

Мольський О. С., Ph.D. докторант, e-mail: [molskiyalex@gmail.com](mailto:molskiyalex@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Потапов В. О.

Державний біотехнологічний університет

Актуальність даної теми обумовлена необхідністю підвищення ефективності процесу охолодження та заморожування курячих субпродуктів, зменшення енергоспоживання холодильного обладнання, підвищення якості мороженої продукції та раціональне використання холодильних приміщень для поліпшення процесу заморозки и зберігання продукції. Ці технологічні рішення направлені на підвищення економічної доцільності виробництв які торгують курячими субпродуктами.

Для того щоб продукція не зіпсувалась при перевезені, курячі лапки потрібно заморозити до температури нижче нуля, зазвичай до  $-35\text{ C}$ . Заморожування м'яса до такої низької температури дуже енергоємний процес, в якому треба враховувати не тільки втрати електроенергії, а також час заморожування та якість готової продукції яка може погіршитися при неправильній холодильній обробці. [1]

При заморожуванні змінюється колір. Забарвлення м'язів поверхневого шару мороженого м'яса яскравіше забарвлення свіжого охолодженого м'яса, внаслідок висушування, що викликає згущення кров'яного пігменту, і перетворення гемоглобіну в метгемоглобін. Колір мороженого м'яса залежить від швидкості заморожування. Швидкість утворення метгемоглобіну зменшується з пониженням температури при заморожуванні і зберіганні в повітрі і значно збільшується при заморожуванні в розсолі. Особливо швидко протікає процес знебарвлення м'язової тканини, мороженої в розсолі, при відтаванні.

При дуже швидкому заморожуванні в рідкому повітрі, в сухому льоді або в апаратах непрямого контакту м'язи мають блідо-рожевий колір з жовтуватим відтінком. При повільному заморожуванні м'ясо має темно-червоний колір. При швидкому заморожуванні виходять дрібні кристали льоду, рівномірно розподілені по всій поверхні. Відображення і розсіювання світла від такої поверхні і додає м'ясу блідо-червоний колір.

Швидке заморожування м'яса супроводжується також явищем підсушування поверхневого тонкого шару м'яса. Плівка при подальшому зберіганні мороженого м'яса потовщується. Тому після дефростації мало що зберігався м'яса плівка підсихання зникає внаслідок набрякання м'язової тканини за рахунок вологи, дифундуючої з внутрішніх шарів, а при дефростації довго зберігався м'яса вона не зникає повністю; на поверхні таке м'ясо зберігає білуватий наліт в найбільш зневоднених місцях. [2]

Змінення кольору та консистенції м'яса погано впливає на зовнішній вигляд продукту тому потрібно приділяти увагу швидкості заморозки субпродуктів. Необхідно провести дослідження по підборі оптимального обладнання та способу розташування продукції, завдяки якому можна знайти найбільш ефективній и економічний (в плані вартості обладнання) спосіб заморозки продукції.[3]

Оптимальне застосування апаратів для заморожування курячих субпродуктів та ретельній підбір обладнання може забезпечити швидкий та якісний продукт який можна експортувати у інші країни світу за розумні витрати.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Доссат Р. Дж. Основи холодильної техніки \ Principles of Refrigeration \ Рой Дж. Доссат, Томас Дж. Хоран.
2. М. М. Клименко. Технологія м'яса та м'ясних продуктів: Підручник / М. М. Клименко, Л. Г. Віннікова, І. Г. Береза та ін.; За ред. М. М. Клименка. – К.: Вища освіта, 2006. – 640 с.: іл. – С. 198-202.
3. Алан Р. Сэмс Переробка м'яса птиці \Poultry Meat Processing Edited by Alan R. Sams, Ph.D. Department of Poultry Science Texas A&M University – С. 50-52.



ДОСЛІДЖЕННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРАЦЮЮЧОЇ  
НА РІЗНИХ ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТАХКонстантинов І. О., аспірант, e-mail: [ikonstantinov9@gmail.com](mailto:ikonstantinov9@gmail.com),Сазанський А. Р., аспірант, e-mail: [AndriiSazanskyi@gmail.com](mailto:AndriiSazanskyi@gmail.com)

Науковий керівник: д.т.н. проф. Хмельнюк М. Г.

Одеський національний технологічний університет

Використання в системах охолодження холодоагентів з низьким ПГП стає все більш поширеним завдяки термічним характеристикам і меншим їх впливом на навколишнє середовище. У цьому дослідженні проводиться порівняння характеристик таких холодоагентів як R452a, R404a, R290 в одній системі охолодження. Дослідження проводилися при параметрах 3-го кліматичного класу (T<sub>ос</sub> – 25°C / HR<sub>ос</sub> – 60%). При проведенні дослідів на порівняння холодильних агентів в холодильну систему по чергово заправлялися холодильні агенти в послідовності (R404a/R452a/R290), та після задання параметрів роботи холодильний агрегат вмикався в мережу. Впродовж проведення замірів електроенергії зняті показання манометрів та теплові показники холодильної системи, згідно яких було побудовано графік роботи системи впродовж циклу. І відповідно до графіків виходить наступне. Температура нагнітання, впродовж активного періоду роботи стабільна та варується в межах: R404a – 75-72.1 °C; R452a – 74.8-71 °C; R290 – 70.1-66.8 °C. Температура мастила компресора не перевищує 50 °C що відповідає технічним вимогам. Отримані температури початку конденсації, відповідно холодильним агентам протягом активного періоду холодильної машини наближені до показань манометрів. Дані результати означають що перегрів знімається повністю, і в конденсаторі відбувається лише фазовий перехід холодоагенту. Значення температур початку конденсації: R404a – 39-36,6 °C; R452a – 40,4-36,9 °C; R290 – 38,6-34,6 °C. Результати експерименту показали, що найвищі значення COP в системі для R452a, R404a, R290 становлять 3,13, 3,02, та 3,19 відповідно. Заключенням такого дослідження стає підтвердження можливості повного переходу від хлор- та бромістких газів на природні аналоги з GWP= 0. Паралельно виявлено порівняно низьку енергоефективність холодоагенту R404a. R452a хоч і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не являється енергоефективним холодоагентом. Окрім того R452a являється високопотенційним холодоагентом з GWP= 2140, що свідчить про заборону його використання з 2022 року.

Висновком такого дослідження стає підтвердження можливості повного переходу від хлор- та бромістких газів на природні аналоги з GWP= 0. Паралельно виявлено порівняно низьку енергоефективність холодоагенту R404a. R452a хоч і відповідає повній взаємозаміні з R404a без зміни мастил чи компресорів та не являється енергоефективним холодоагентом. Окрім того R452a являється високопотенційним холодоагентом з GWP= 2141, що свідчить про заборону його використання з 2022 року. Холодильні системи дуже важливі через різноманітні сфери їх застосування, починаючи від медицини та теплового комфорту людини до промислових процесів, таких як зберігання харчових продуктів. Швидке зростання населення світу спричинило зростання попиту на холодильне обладнання та кондиціонери. Паризька угода 2015 року та Кігальська поправка до Монреальського протоколу (стосовно F-газів) 2016 року підкреслили значне скорочення використання гідрофторвуглеців (ГФУ). З цієї причини використання екологічно безпечних холодоагентів є необхідним і актуальним як ніколи.

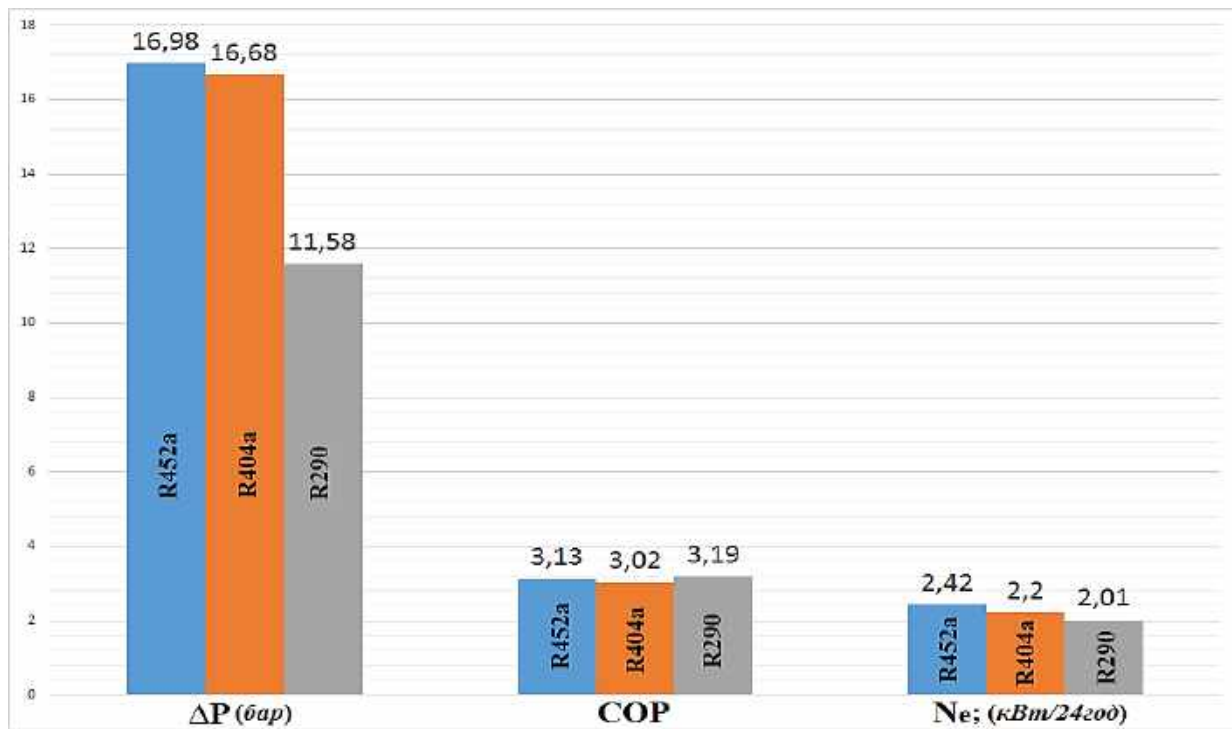


Рисунок 1 – Порівняльний аналіз холодильних агентів

Порівнюючи R290 очевидна його перевага по енергоефективності та собівартість. До переваг R290 також можна віднести його моногамність, а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкі фазі, в об'ємі теплообмінника. Однак до його недоліків при переході можна віднести потребу в заміні мастил в системі та вибухонебезпечність. Ще одним недоліком пропану є обмеження по його кількості в системі та потребу в дотриманні норм безпеки при конструюванні і експлуатації.

Незважаючи на перераховані недоліки R290 залишається найперспективнішим аналогом R404a в низькотемпературні техніці. В сфері торгового холодильного обладнання не виявлено значних проблем при заміні холодильних агентів а отже, як показує дослід, і рівність його, температури в рідкі фазі, в об'ємі теплообмінника капілярні холодильні системи залишаються перспективними на світовому ринку холодильного обладнання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Nair V. HFO refrigerants: A review of present status and future prospects. *Int J Refrig* 2021;122:156–70. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.10.039>.
2. United Nations Environment Programme (UNEP). Montreal Protocol, 1987. 1987.
3. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Kyoto Protocol, 1997.

РОЗРОБКА СЕКЦІЇ ІНФРАЧЕРВОНОГО (ІЧ) ВИПРОМІНЮВАННЯ  
ДЛЯ ПАСТЕРИЗАЦІЇ СОКІВ

Триль Є. О., магістр, e-mail: [viper323210@gmail.com](mailto:viper323210@gmail.com)

Науковий керівник: проф. Жила В. І.  
Державний біотехнологічний університет

**Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.** Консервування – основний метод подовження терміну зберігання соків. Головним недоліком традиційних технологій є високі енергетичні витрати на теплові процеси та зміна якості при застосуванні хімічних препаратів. Перспективним є застосування ІЧ-випромінювання для обробки соку.

**Мета досліджень.** Визначення раціональної конструкції секції ІЧ-випромінювання.

**Основні матеріали досліджень.** Відповідно до існуючих вимог на основі та тенденцій у розвитку конструкцій обладнання до розгляду були прийняті апарати закритого типу з обмеженим для променів шаром продукту.

1. Секція ІЧ електронагрівання з трубчатим каналом.

*Переваги:* забезпечено двостороннє опромінення, високу турбулентність потоку, герметичність, високу інтенсивність термообробки, висока якість та мінімальний час пастеризації.

*Недоліки:* обмежена продуктивність, ненадійність торцевого ущільнення скляних труб та їх крихкість; значні втрати енергії в навколишнє середовище.

2. Секція ІЧ електронагрівання з кільцевим каналом або з пучком випромінювачів усередині циліндричного корпусу.

*Переваги:* забезпечено високу турбулентність руху молока, герметичність термообробки, заданий час пастеризації, високу інтенсивність термообробки, необхідну продуктивність.

*Недоліки:* крихкість скляних трубок, складність розміщення та ущільнення випромінювальних елементів; не забезпечено рівномірність обробки продукту.

3. Секція ІЧ електронагрівання з пластинчастими випромінювачами та щілинним каналом.

Випромінювач складається з металевої рамки, в якій розташований випромінювач, виконаний із ніхромового проводу, розміщеного на каркасі, відділеному від соку захисною прозорою стінкою колби із кварцового скла. Між собою плоскі випромінювачі герметизуються ущільнювальною харчовою гумою. Апарат виконано за аналогією з пластинчастим теплообмінником. Товщина опромінювального шару продукту строго регламентована зазором між сусідніми випромінювачами. Забезпечено двостороннє опромінення продукту при відповідному турбулентному русі рідини.

**Висновок.** Найбільш повно вихідним вимогам відповідає апарат з пластинчастими ІЧ випромінювачами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Патент, Україна №26329, МКИ 6A23C 3/02. Пастеризаційно-охолоджувальна установка для теплової обробки молока інфрачервоним електронагрівом. / Жила В. І., Магда В. Й., Григоренко В. І. (Україна). - Опубліковано Бюл. №5 від 30.08.1999.

## РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ МІКРОКЛІМАТОМ ТЕПЛИЦІ

Халін Д. В. студент, e-mail: [daniilhalin32@gmail.com](mailto:daniilhalin32@gmail.com)

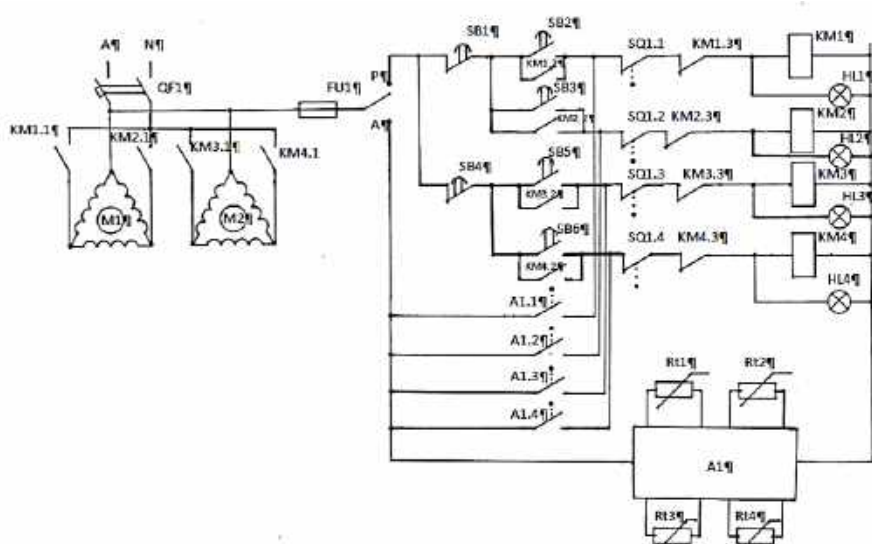
Науковий керівник: к.т.н., проф. Жила В. І.

Державний біотехнологічний університет

**Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.** Для забезпечення ефективного підтримання мікроклімату в теплиці на заданому рівні температури та вологості слід застосувати пропорційно-інтегральний закон регулювання, що надійно реалізується з допомогою мікроконтролера.

**Мета досліджень.** Удосконалення системи підтримання мікроклімату в теплиці на заданому рівні.

**Основні матеріали досліджень.** Принципова електрична схема є проектним документом, що визначає повний склад електричних елементів, зв'язків між ними та дає чітке уявлення про принцип роботи системи. Принципова електрична схема керування



мікрокліматом в теплиці наведена на рисунку.

При вмиканні автоматичного вимикача QF1 на схему подається живлення. Залежно від положення перемикача режимів SA1 схема може працювати в ручному та автоматичному режимі.

В ручному режимі схема працює залежно від натискання кнопок SB2, SB3 та SB5, SB6. Перша група кнопок забезпечує повертання заслінки

опалення, а друга – кута нахилу фрамуг. При натисканні на кожен із кнопок подається живлення на відповідну котушку магнітних пускачів KM1...KM4. Контакти кнопок дублюються замикаючими контактами магнітних пускачів та здійснюють безпосереднє підтримання. У кожному ланцюзі передбачено захист від одночасного вмикання двох реле для однієї заслінки у вигляді розмикаючих контактів KM1.3...KM4.3. При досягненні заслінкою свого максимального положення спрацьовують кінцеві вимикачі SQ1 та SQ2. Ручну зупинку забезпечують стопові кнопки SB1 та SB4. про подання напруги на котушки магнітних пускачів свідчать сигнальні лампи HL1...HL4.

В автоматичному режимі схемою керує регулятор A1, що ґрунтується на показах датчиків температури RT1...RT4, та вмикає своїми контактами A1.1...A1.4 відповідні котушки магнітних пускачів.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мартиненко І. І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: підручник / І.І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко [и др.]. – К.: НМЦ, 2008. – 330 с.

2. Мартыненко И. И. Автоматика и автоматизация производственных процессов / Мартыненко И. И., Головинский Б. Л., Проценко Р. Д., Резниченко Т. Ф. // М.: Агропромизда.т – 2005. – 335 с.

## ДИНАМІЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ ХОЛОДОПРОДУКТИВНОСТІ ПОРШНЕВИХ КОМПРЕСОРІВ

Черняков Д. В., магістр

Науковий керівник: проф. Семенюк Д. П.  
Державний біотехнологічний університет

Для економії електроенергії та зручності експлуатації дуже актуальна така функція холодильної системи, як динамічне регулювання холодопродуктивності щодо теплового навантаження на чілер. Особливо, коли йдеться про великі потужності, що застосовуються на виробництвах з тепловим навантаженням, що часто змінюється. Маючи можливість регулювати холодопродуктивність потужного промислового чілера, відповідно до теплового навантаження на чілер в даний момент часу, можна значно знизити енергоспоживання.

Для різних умов експлуатації та робочого холодильного агенту компанія Bitzer розробила різні варіанти регулювання.

VARISPEED – частотний регулятор електродвигуна компресора, вбудований у корпус.

VARIPACK – частотний регулятор електродвигуна компресора, винесений за корпус компресора, що підходить до всіх поршневих компресорів.

CRII – регулювання продуктивності механічним шляхом.

Електричне регулювання (регулювання числа оборотів електродвигуна) та механічне регулювання мають ряд своїх переваг для певних умов експлуатації.

Частотні регулятори мають однією із своїх переваг – зниження пускового струму двигуна компресора для плавного пуску. Також частотний регулятор не має ступенів регулювання, дозволяючи оптимально співвідносити холодопродуктивність промислового чілера та теплове навантаження в даний момент часу, з оптимальною температурою кипіння холодоагенту. Навіть за динамічної і частоті зміни теплового навантаження, знижується до мінімуму циклічність пусків-зупинок компресора, що позитивно позначається на довговічності компресора як наслідок чілера загалом. Однак у категорії ціна-якість, механічний регулятор виграє порівняно з частотним.

Таким чином, CRII є найбільш економічним варіантом. Механічне регулювання має широкий діапазон регулювання продуктивності, проте воно поступається частотному у точності регулювання температури кипіння щодо теплового навантаження. Модуляція для CRII – від 10% до 100% для 2,4 та 6-циліндрів, від 50% до 100% для 8 циліндрів.

Компанія Bitzer застосовує систему механічного регулювання холодопродуктивності також в компресорах, що працюють на CO<sub>2</sub>.

Для типу регулювання VARIPACK спеціально розроблене програмне забезпечення «BEST (BitzerElectronicsServiceTool) Software», за допомогою якого можна здійснювати налаштування (вибір компресора та холодоагенту) та моніторинг регулятора. Даний тип регулювання застосовується для:

- систем центрального кондиціонування (систем чілер-фанкойл);
- харчової промисловості;
- теплових насосів;
- для компаундних установок.

Найбільш компактною системою регулювання є VARISPEED. Компресор і регулятор, інтегрований у його корпус, є єдиним агрегатом, що дозволяє уникнути монтажу та налаштування. Дана система може застосовуватись для чілерів малої та середньої холодопродуктивності, що працюють у середньому температурному діапазоні.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. BITZER. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.bitzer.de/>.



ТОРГОВЕЛЬНЕ ХОЛОДИЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ  
ПІДПРИЄМСТВ РІТЕЙЛУ

Шатохін І. С., магістр, e-mail: [shatoxa1991@gmail.com](mailto:shatoxa1991@gmail.com)

Науковий керівник: доц. Якушенко Є. М.  
Державний біотехнологічний університет

При проектуванні підприємства ритейлу необхідно діяти у наступних напрямках:

- проектування об'єктів торгівлі і підприємств громадського харчування, а також систем холодопостачання;
- проектування індивідуального торгового холодильного та технологічного обладнання в залежності від площі і особливо торговельного майданчика;
- розробка оригінальних дизайнерських проектів з урахуванням вимог замовника і технічних характеристик холодильного обладнання;
- раціональне розміщення професійного обладнання в умовах певної торгової площадки;
- продаж, доставка, монтаж та виконання пусконаладжувальних робіт торгового холодильного та технологічного обладнання;
- обслуговування, великий і дрібний ремонт професійних холодильних установок.

Компетентно спроектована схема холодозабезпечення супермаркету чи невеликого продуктового магазину – це не просто дотримання санітарно-гігієнічних норм зберігання продуктів. Правильно підібране торгове холодильне обладнання для магазинів та точний розрахунок його потужності – це ще й елемент маркетингових технологій.

Ефектна демонстрація покупцю товару та правильне його зберігання дозволяє домогтися збільшення продажів та зниження загальновиробничих витрат. Холодильне обладнання для зберігання фруктів та овочів дасть вам можливість продемонструвати кращий товар "обличчям" не переживаючи за його збереження.

Холодильне обладнання є невід'ємною частиною будь-якого бізнесу, пов'язаного з продуктами харчування. Вибір надійного постачальника холодильного обладнання – це запорука успіху і високої конкурентоспроможності, впевненості в тому, що ваша продукція завжди буде свіжою і якісною.

Для забезпечення потреби холоду на підприємстві ритейлу використовують холодильні агрегати, вертикальні холодильні вітрини, горизонтальні морозильні камери, камери шокового охолодження і заморозки, холодильні вітрини та стелажі, низько- і середньо температурні шафи, шафи для піци, пекарські шафи і багато іншого.

Застосування холодильних агрегатів універсального користування дозволяє застосовувати обладнання з широким температурним діапазоном (приблизно від -5 до +5 градусів). Дана категорія вважається найбільш затребуваною серед власників торгових об'єктів і закладів громадського харчування. Універсальні вітрини застосовують для демонстрації та реалізації величезного асортименту продовольчих товарів, включаючи м'ясо і м'ясопродукти, рибу, фарш, субпродукти, заморожені овочі, фрукти, ягоди і сумішеві склади, десерти, молочну продукцію, вироби з тіста, ковбаси, сосиски і сири будь-яких сортів, закуски, салати і багато іншого. Універсальні холодильні установки активно застосовуються під час обладнання виносних точок торгівлі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенюк Д. П. Технологічне холодильне обладнання [Електронний ресурс] : навч. посібник : у 2 ч. Ч. 1 / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. – Електрон. дані. – Х. : ХДУХТ, 2018. – С. 241.

2. Торгове холодильне та технологічне обладнання URL:  
<http://www.coldsale.com.ua/ua/torgovoe-oborudovanie/> (дата звернення: 02.03.2023).

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОМІЖНИХ ХОЛОДОНОСІЇВ  
ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНИХ СИСТЕМ НЕПРЯМОГО ОХОЛОДЖЕННЯ

Штепа Р. В., магістр, e-mail: [ruslan.shtepa8191@gmail.com](mailto:ruslan.shtepa8191@gmail.com)

Науковий керівник: доцент Петренко О. В.

Державний біотехнологічний університет

Більшість вітчизняних харчових та переробних підприємств для систем холодопостачання широко використовують аміачні холодильні установки. Однак попри відмінні термодинамічні показники аміак є токсичною речовиною і утворює вибухонебезпечні суміші з повітрям. Отже, для забезпечення біологічної та хімічної безпеки в ході використання аміачних холодильних установок пріоритетним завданням є максимальне зниження їх аміакомісткості. Одним зі шляхів вирішення цієї проблеми є застосування систем непрямого охолодження з використанням проміжного холодоносія [1].

Проте системи з проміжним охолодженням, що використовуються на підприємствах у цей час, мають певні недоліки, зокрема високі енергетичні та експлуатаційні витрати. Це пов'язано з використанням малоефективних проміжних холодоносіїв, модифікація властивостей яких не встигає за розвитком холодильної техніки. Отже, розробка нових холодоносіїв із комплексом оптимальних властивостей має бути заснована на взаємодії між компонентами розчину, побудові математичних і фізичних моделей, що дасть можливість пов'язати вихідні та експлуатаційні властивості холодоносія, розв'язати актуальне науково-технічне завдання із підвищення ефективності роботи систем з проміжним охолодженням.

У холодильних системах непрямого охолодження як проміжні холодоносії найчастіше використовують воду та водяні розчини різноманітних речовин, що знижують температуру кристалоутворення води – антифризи. Завдяки винятковим теплофізичним властивостям та показникам безпеки сьогодні вода є одним із найкращих теплохолодоносіїв. Проте застосовувати воду в системах охолодження, що працюють за негативних температур, можна тільки в суміші з антифризами. Їхні водяні розчини повинні максимально зберігати теплофізичні характеристики води, тобто мати високу теплопровідність і теплоємність, низьку в'язкість, невелику корозійну активність і не чинити шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Сучасні проміжні холодоносії на водяній основі можна віднести до однієї із трьох груп: розчини спиртів; розчини неорганічних солей; розчини органічних солей [2].

Останнім часом на ринку з'явився новий клас холодоносіїв – на основі солей органічних кислот, а саме ацетату калію. Ацетатні холодоносії торговельних марок «Tyfoxit», «Antifrogen», «Freezium» набули широкого використання завдяки ефективній роботі в широкому діапазоні температур від мінус 60 до 0°C, значенням теплоємності та теплопровідності, порівняно з аналогічними характеристиками води, низькій корозійній активності та доступній ціні. Крім того, розробка цих холодоносіїв дозволила вирішити важливу екологічну проблему: повністю відмовитися від використання фреонів у холодильних установках великих супермаркетів, що особливо важливо для країн Північної Європи, де встановлені граничні строки для повного заміщення фреонів альтернативними холодоносіями.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Проміжні теплоносії та холодоносії: моногр./ Ю. О.Желіба, Д. А.Войтко - Одеса: Фенікс, 2012. – 320 с.
2. Робочі тіла парокомпресійних холодильних машин: властивості, аналіз, використання: моногр./В. П.Железний, Ю. В.Семенюк – Одеса: Фенікс, 2012. – 420 с.

ДОСТУПНІ СУДНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПАЛИВО  
ДЛЯ ДЕКОРБОНІЗАЦІЇ СУДНОПЛАВСТВАЯлама В. В., аспірант, e-mail: [yalama9410@gmail.com](mailto:yalama9410@gmail.com)

Науковик керівник проф., Хмельнюк М. Г.

Одеський національний технологічний університет

Зараз морська галузь в періоді швидкого переходу до енергетики та технологій, який вплине на витрати, вартість активів і прибутковість, ніж багато ранніх переходів. Судновласники вже стикаються зі зростаючим тиском щодо скорочення викидів парникових газів морського транспорту.

Мета - визначити доступні технології та паливо з метою декорбонізації судноплавства.

У той час як технічні та експлуатаційні заходи щодо підвищення ефективності можуть значно скоротити викиди ПГ, впровадження передових технологій і методів підвищення енергоефективності обмежено. Найближчими роками цей показник зросте через вимоги ІМО (International Maritime Organization) та очікування стейкхолдерів.

За даними дослідження Clarkson [2], набирають популярність економайзери вихлопних газів, обладнання для підвищення ефективності гребного гвинта, удосконалення носової частини, плавці корпусу та системи повітряного мастила. Існують також способи збирання енергії з навколишнього середовища, а також бортовий CCS (carbon capture storage):

1. Вітрильні пристрої, такі як вітрила, повітряні змії, нерухомі крила та ротори Флеттнера, тестувалися на торгових судах упродовж багатьох років. Як правило, вітрила можуть заощадити від 3% до 15% тягової потужності за відповідних умов, тавище. В даний час дуже небагато судів працюють з варіантами парусного устаткування.

2. Хвилі, зазвичай пов'язані з опором та підвищеним попитом на рушійну силу, також можуть бути джерелом енергії. Цього можна досягти, використовуючи рапіри або крила на носі. Повідомляється, що типова економія палива становить від 1% до 3% за відповідних умов, але у деяких звітах більше. Оскільки рух судна - важливий фактор при визначенні потенціалу економії палива, судна меншого розміру мають більший потенціал.

3. Встановлення сонячних батарей дозволить виробляти електроенергію в морі та порту. Однак для виробництва сонячної енергії потрібне денне світло. Це призводить до того, що сонячні панелі можуть заощадити близько 1% допоміжної енергії, хоча це може бути більше в залежності від площі, доступної на борту для панелей. Є досвід транспортних компаній, які встановили сонячні батареї на верхній палубі.

4. Бортова технологія CCS задіяна у скороченні викидів CO<sub>2</sub> у сегменті глибоководних перевезень у найближчі десятиліття. Технологія рідинної абсорбції з мембранами або без них викорисовується для систем CCS. Однак на борту ще не реалізовано ні повномасштабної системи CCS, ні масштабних демонстраційних проектів. Дозволяє зменшити викиди CO<sub>2</sub> до 30%.

За допомогою диджиталізації та удосконалення логістичних операцій скорочення викидів CO<sub>2</sub> можливо досягти до 20%. У сфері гідродинаміки (покриття корпусу, оптимізація форми корпусу, повітряне змащення, очищення) можливість зниження викидів від 5% до 15%. При застосуванні підвищення ефективності машин, рекуперація відпрацьованого тепла, зниження номінальних характеристик двигуна, гібридизація батареї, паливні елементи – від 5% до 20% зниження викидів CO<sub>2</sub>. Застосування CCS технологій – до 30% зниження викидів CO<sub>2</sub>. Скорочення викидів парникових газів судами до 100% може бути досягнуто лише за використанням палива з нульовим викидом вуглецю, де амміак (e-ammonia, blue ammonia) пропонується, як альтернативне паливо.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Shipping Intelligence Network. (n.d.). Retrieved December 5, 2022, from <https://sin.clarksons.net/>

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ</b>	<b>3</b>
<i>Витушинський В. С.</i> <b>Модернізація системи енергопостачання житлової будівлі з використанням теплового насосу.....</b>	<b>3</b>
<i>Вишинський В. О.</i> <b>Автоматизація вентиляторної установки з використанням альтернативних джерел живлення.....</b>	<b>4</b>
<i>Вітчинкіна А. І.</i> <b>Оцінка методів обмеження перенапруг у системах електропостачання 6-10 кВ.....</b>	<b>5</b>
<i>Геніх К. В., Базаджи В. В.</i> <b>Електрифікація будівель та декарбонізація.....</b>	<b>6</b>
<i>Гончар В. Г.</i> <b>Аналіз ефективних рішень впровадження АСКОВЕ.....</b>	<b>7</b>
<i>Грех І. В.</i> <b>Аналіз причин виникнення перенапруг в електромережах.....</b>	<b>8</b>
<i>Демченко Г. С.</i> <b>Основні нормативні документи та заходи щодо забезпечення безпеки процесів при реконструкції електричних мереж 0,38 кВ.....</b>	<b>9</b>
<i>Дем'яненко Р. І.</i> <b>Вплив якісних показників електричної енергії на рухомий склад метрополітену.....</b>	<b>10</b>
<i>Дерягін С. А.</i> <b>Аналіз методів і засобів визначення місця пошкоджень на ПЛ 6-35 кВ.....</b>	<b>11</b>
<i>Дирда П. В.</i> <b>Оцінка впливу розосередженого генерування на режим розподільних електричних мереж.....</b>	<b>12</b>
<i>Єрмаков С. В.</i> <b>Прийоми зменшення викидів у технологіях спалювання вугілля.....</b>	<b>13</b>
<i>Кіянчук В. М.</i> <b>Проблеми залучення малопотужних споживачів до керування попитом на енергоринках.....</b>	<b>14</b>
<i>Кобилко К. С.</i> <b>Аналіз методів підвищення надійності електричних мереж 10 кВ.....</b>	<b>15</b>

<i>Крупка В. М.</i> <b>Зниження несиметрії струму та напруги в мережах 0,38/0,22 кВ.....</b>	<b>16</b>
<i>Літвінов А. М.</i> <b>Аналіз питання діагностики кабельних ліній та оцінка їх стану.....</b>	<b>17</b>
<i>Лотоцький Я. В.</i> <b>Аналіз ефективності передачі даних в АСКОЕ.....</b>	<b>18</b>
<i>Мазур А. А.</i> <b>Дослідження ефективних методів компенсації реактивної потужності як зопорука якості експлуатації енергообладнання.....</b>	<b>19</b>
<i>Мальований М. В.</i> <b>Прогноз втрат електроенергії в розподільних мережах за допомогою нейронних мереж.....</b>	<b>20</b>
<i>Марков Д. О.</i> <b>Обґрунтування межі затрат на впровадження комбінованої системи енергопостачання.....</b>	<b>21</b>
<i>Мартиненко Д. О.</i> <b>Аналіз якості електричної енергії під час воєнного стану.....</b>	<b>22</b>
<i>Мартишко А. С.</i> <b>Аналіз співвідношення кабельних та повітряних ліній електропередачі у системах електропостачання країн світу.....</b>	<b>23</b>
<i>Март'янов О. О.</i> <b>Регулювання потужності конденсаторних установок.....</b>	<b>24</b>
<i>Матюшевський Д. О.</i> <b>Дослідження енергоефективних режимів мереж засобами комп'ютерного моделювання.....</b>	<b>25</b>
<i>Матяш Д. Д.</i> <b>Аналіз методів визначення місць пошкоджень в кабельних лініях.....</b>	<b>26</b>
<i>Могильов В. О.</i> <b>Цифрова підстанція як складовий елемент інтелектуальних електричних мереж.....</b>	<b>27</b>
<i>Мосур О. О.</i> <b>Розширення функціональних можливостей автоматизованих систем моніторингу утворення ожеледі на ПЛ.....</b>	<b>28</b>
<i>Нагорний Р. О.</i> <b>Визначення лінії з коротким замиканням методом введення сигналу.....</b>	<b>29</b>



<i>Немикін М. В.</i> <b>Забезпечення допустимих рівнів напруги та зниження втрат електричної енергії в розподільних мережах.....</b>	<b>30</b>
<i>Нікітюк О. М.</i> <b>Методи визначення параметрів якості електричної енергії.....</b>	<b>31</b>
<i>Нікольченко В. О.</i> <b>Аналіз помилок тепловізійного контролю технічного стану електрообладнання .....</b>	<b>32</b>
<i>Олефір К. О.</i> <b>Функціональні можливостей реклоузера РВА/TEL-10.....</b>	<b>33</b>
<i>Полупан В. В.</i> <b>Розрахунок технічних втрат електричної енергії в мережах 110-10 кВ.....</b>	<b>34</b>
<i>Прудніков Д. К.</i> <b>Застосування локаційного методу для визначення місця пошкодження в мережах напругою 6-35кВ.....</b>	<b>35</b>
<i>Радько І. В.</i> <b>Об'єктивна необхідність енергоощадності в Україні у повоєнний час.....</b>	<b>36</b>
<i>Савчін О. М.</i> <b>Підвищення якості та зниження втрат електричної енергії в сільських мережах 0,38-10 кВ.....</b>	<b>37</b>
<i>Свідерський А.В.</i> <b>Визначення рівня блискавкозахисту.....</b>	<b>38</b>
<i>Сліпенко А. Ю.</i> <b>Вдосконалення методів контролю ізоляції мереж постійного струму.....</b>	<b>39</b>
<i>Смілий І. В.</i> <b>Електроємність сільського господарства України.....</b>	<b>40</b>
<i>Сухопар В. В.</i> <b>Автоматизований облік дефектів повітряних ліній електропередачі.....</b>	<b>41</b>
<i>Тарасенко О. Ю.</i> <b>Дослідження методів прогнозування режимів електричних мереж.....</b>	<b>42</b>
<i>Теплицький М. О.</i> <b>Розвиток комбінованих систем електропостачання на відновлювальних джерелах енергії.....</b>	<b>43</b>
<i>Тертишник В. О.</i> <b>Дослідження та моделювання енергоефективних режимів мереж напругою 10-0,38 кВ.....</b>	<b>44</b>

<i>Тимошенко М. М.</i> <b>Дослідження ефективності використання засобів компенсації реактивної потужності.....</b>	<b>45</b>
<i>Тоберт О. Ю.</i> <b>Області застосування сонячної енергетики у виробництві та побуті України....</b>	<b>46</b>
<i>Хвостов О. С.</i> <b>Втрати електроенергії в повітряних лініях електропередачі напругою 6-35 кВ шляхом врахування кліматичних факторів.....</b>	<b>47</b>
<i>Ховрах В. Ю.</i> <b>Автоматизована система моніторингу та комерційного обліку електричної енергії.....</b>	<b>48</b>
<i>Черніков Д. В.</i> <b>Оцінка впливу реактивної потужності на втрати енергії в електричних мережах.....</b>	<b>49</b>
<i>Чорний Р. О.</i> <b>Підвищення надійності електричної мережі за рахунок використання SMART GRID.....</b>	<b>50</b>
<i>Шевченко О. Є.</i> <b>Способи корекції напруги та несиметрії напруг у мережах 0,4 кВ.....</b>	<b>51</b>
<i>Ялама В. В.</i> <b>Навколишнє середовище та енергоефективність суднової техніки.....</b>	<b>52</b>
<b>СЕКЦІЯ 2. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА</b>	<b>53</b>
<i>Баршпол С. В.</i> <b>Обґрунтування загальних обсягів виробництва енергії КСЕП.....</b>	<b>53</b>
<i>Баркарь О. О.</i> <b>Оцінка можливості використання автономних вітрофотоелектричних станцій як альтернативного джерела енергії в період віялових відключень енергії в Україні.....</b>	<b>54</b>
<i>Білий А. Б.</i> <b>Діагностування фотоелектричних модулів та обладнання сонячних електростанцій.....</b>	<b>55</b>
<i>Бондаренко А. О.</i> <b>Дослідження режимів роботи сонячних електростанцій.....</b>	<b>56</b>
<i>Борисенко С. О.</i> <b>Законодавча підтримка розвитку альтернативних джерел енергії.....</b>	<b>57</b>

<i>Борисюк Д. В.</i> <b>Поглинання оптичної енергії розгалуженою поверхнею приймача геліоелектричної системи.....</b>	<b>58</b>
<i>Броневицький Б. В.</i> <b>Аналіз собівартості електроенергії від СЕС.....</b>	<b>59</b>
<i>Греков О. В.</i> <b>Система моніторингу гібридної СЕС.....</b>	<b>60</b>
<i>Грищенко О. О.</i> <b>Дослідження режимів роботи вітрових електростанцій.....</b>	<b>61</b>
<i>Дрига Д. С.</i> <b>Обґрунтування ефективності систем енергопостачання з відновлюваними джерелами.....</b>	<b>62</b>
<i>Калюжний М. Д.</i> <b>Значення гідроакумулявальних електростанцій в об'єднаній енергетичній системі України.....</b>	<b>63</b>
<i>Котлінський Ю. О.</i> <b>Аналіз шляхів підвищення енергетичної ефективності промислових фотоелектричних установок.....</b>	<b>64</b>
<i>Леженін П. Д.</i> <b>Аналіз вітрового потенціалу та вітрогенераторів для електричних мереж України.....</b>	<b>65</b>
<i>Литвин Ю. С.</i> <b>Фотоелектрична система автономного електропостачання будинку.....</b>	<b>66</b>
<i>Малишев А. Ю.</i> <b>Розвиток гідроенергетики України в сучасних умовах.....</b>	<b>67</b>
<i>Марущак Р. Р.</i> <b>Комп'ютерне моделювання вітроенергоустановки.....</b>	<b>68</b>
<i>Мельник А. Р.</i> <b>Використання регресійного аналізу при експериментальних дослідженнях генерації сонячної електростанції.....</b>	<b>69</b>
<i>Медведєв В. О.</i> <b>Причини зниження ефективності роботи насосних агрегатів та шляхи підвищення їх енергоефективності і надійності.....</b>	<b>70</b>
<i>Мотайло М. С.</i> <b>Аналіз відхилень прогнозних та фактичних даних генерації СЕС, які входять до балансууючої групи виробників за «Зеленим» тарифом.....</b>	<b>71</b>

<i>Павлов А. О.</i> <b>Вплив взаємного затінення рядів фотоелектричних модулів на генерацію електричної енергії СЕС.....</b>	<b>72</b>
<i>Паровий І. Л.</i> <b>Порівняльне дослідження ефективних методів приготування кормів для годування свиней на свинофермах з подальшим використанням гною в біоенергетичних установок.....</b>	<b>73</b>
<i>Педоренко К. В.</i> <b>Функції контролера АМС-PLUS для автоматичного контролю параметрів мікроклімату в тваринницьких приміщеннях.....</b>	<b>74</b>
<i>Пиріг Д. М.</i> <b>Особливості годування корів в зимовий період на фермах з подальшим використанням гною в біоенергетичних установок.....</b>	<b>75</b>
<i>Попов О. А.</i> <b>Підвищення ефективності використання сонячних установок.....</b>	<b>76</b>
<i>Радько І. В.</i> <b>Аналіз ефективності використання геліоустановок у фермерських господарствах.....</b>	<b>77</b>
<i>Рибальченко Д. С.</i> <b>Дослідження системи альтернативного опалення без використання традиційних видів палива на прикладі енергії викидних вод шахт.....</b>	<b>78</b>
<i>Рябка О. В.</i> <b>Стан та перспективи використання біогазових установок споживачами АПК...</b>	<b>79</b>
<i>Сафаров Х. М.</i> <b>Перспективні напрямки підвищення ефективності сушіння зерна.....</b>	<b>80</b>
<i>Сотнік О. В.</i> <b>Використання MATLAB/SIMLINK для прогнозування генерації СЕС та підвищення надійності енергетичних систем.....</b>	<b>81</b>
<i>Стельмаченко А. В.</i> <b>Моделювання роботи електричних мереж з сонячними електричними станціями та системами зберігання енергії засобами DIGSILENT POWERFACTORY.....</b>	<b>82</b>
<i>Таранов С. А.</i> <b>Дослідження особливостей генерації біогазу з твердих побутових відходів виробництва.....</b>	<b>83</b>
<i>Тоберт О. Ю.</i> <b>Сучасний стан відновлюваної енергетики в Україні.....</b>	<b>84</b>
<i>Харірі Ф. М.</i> <b>Роль геоінформаційних технологій в концепції SMART GRID.....</b>	<b>85</b>

<i>Черемісін Д. М.</i>	
<b>Перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні.....</b>	<b>86</b>
<i>Черняк Ю. Д.</i>	
<b>Шляхи підвищення надійності локальних електричних мереж з відновлювальними джерелами енергії.....</b>	<b>87</b>
<i>Шаровкін С. В.</i>	
<b>Стан та перспективи розвитку біоенергетики в АПК України.....</b>	<b>88</b>
<i>Шукишин Д. О., Щербатюк О. Я.</i>	
<b>Визначення кількості золи у лущинні соняшника.....</b>	<b>89</b>
<b>СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА</b>	
	<b>90</b>
<i>Артисюк М. П., Степанюк М. А.</i>	
<b>Підвищення ефективності обслуговування електродвигунів .....</b>	<b>90</b>
<i>Бабін Б. Е.</i>	
<b>Аналіз методів керування кінематикою та динамікою робототехнічних систем .....</b>	<b>91</b>
<i>Базелюк Б. В.</i>	
<b>Умови вибору електродвигуна для електроприводу синхронно-поворотної медогонки.....</b>	<b>92</b>
<i>Безсудний І. В., Григор'єв В. Р.</i>	
<b>Комплексне моделювання – завершальний етап бакалаврського проекту.....</b>	<b>93</b>
<i>Бондаренко А. С.</i>	
<b>Розробка частотно-регульованого електропривода насоса системи водопостачання оселі.....</b>	<b>94</b>
<i>Борох Д. В.</i>	
<b>Використання крокових двигунів в системах автоматизованого електропривода .....</b>	<b>95</b>
<i>Веремейчик В. О.</i>	
<b>Ефективність розподілу компенсаційних конденсаторів при підключенні групи електроприводів в потоковій лінії.....</b>	<b>96</b>
<i>Ворона В. О.</i>	
<b>Аналіз способів покращення пуску асинхронних двигунів.....</b>	<b>97</b>
<i>Ганчуков Д. І., Крамарев М. М., Леонт'єв Н. В.</i>	
<b>Регулювання положення в електроприводі підйомного крана.....</b>	<b>98</b>
<i>Гірняк О. В.</i>	
<b>Автономна система забезпечення електроенергією військового шпиталю.....</b>	<b>99</b>



<i>Григоренко М. С.</i> <b>Моделювання процесу технічного обслуговування і ремонту електроприводів.....</b>	<b>100</b>
<i>Григоренко М. С., Курченко О. І.</i> <b>Покращення захисту електричного двигуна від перегрівання за допомогою струмових трансформаторів.....</b>	<b>101</b>
<i>Грипа Д. В.</i> <b>Обґрунтування системи електрообладнанням лінії первинної переробки гречки.....</b>	<b>102</b>
<i>Денчик І. А., Кучеренко О. В.</i> <b>Аналіз пускових режимів роботи сільськогосподарських робочих машин.....</b>	<b>103</b>
<i>Дешко М. О.</i> <b>Покращення логістичних маршрутів при обслуговуванні електрообладнання на птахофабриці.....</b>	<b>104</b>
<i>Дмитрієв Д. В.</i> <b>Перспективи застосування електроприводу в активних робочих органах при обробці ґрунту.....</b>	<b>105</b>
<i>Дорошенко В. С., Карпенко К. І., Літвінов В. Ю.</i> <b>Частотний асинхронний електропривод механізмів крану.....</b>	<b>106</b>
<i>Дяченко Ю. Б.</i> <b>Аналіз методів діагностування стану асинхронних електродвигунів сільськогосподарських машин.....</b>	<b>107</b>
<i>Ільютченко Р. О.</i> <b>Підвищення експлуатаційної надійності електроприводів в кормоприготувальних цехах .....</b>	<b>108</b>
<i>Косімчук М. Ю.</i> <b>Системи автоматизованого керування електроприводом на основі застосування нейромереж.....</b>	<b>109</b>
<i>Кузнєцов В. Р., Сушко Р. Р.</i> <b>Синтез системи спільного керування електроприводами промислового робота.....</b>	<b>110</b>
<i>Ладний Б. Б.</i> <b>Доцільність використання пристрою плавного пуску для електропривода вентиляторів птахівничих приміщень .....</b>	<b>111</b>
<i>Лічман О. В.</i> <b>Використання перетворювача частоти Schneider Electric ATV 11 для електтропривода кормоподріблювальної машини фермерського господарства.....</b>	<b>112</b>

<i>Максименко О. С., Левченко М. Д.</i> <b>Дослідження енергетичних показників частотного методу регулювання асинхронних двигунів на вентиляційних установках.....</b>	<b>113</b>
<i>Марченко В. В.</i> <b>Удосконалення вентиляційної установки в електроремонтному цеху.....</b>	<b>114</b>
<i>Марченко С. Ю.</i> <b>Причини порушення роботи промислових споживачів.....</b>	<b>115</b>
<i>Медінцев А. В.</i> <b>Аналітичне дослідження процесу змішування комбікормів .....</b>	<b>116</b>
<i>Мірошниченко А. С.</i> <b>Система вирівнювання вихідних струмів паралельно підключених мікролекстростанцій.....</b>	<b>117</b>
<i>Монастирьов О. С.</i> <b>Зниження втрат електроенергії у вентиляційних установках.....</b>	<b>118</b>
<i>Назаренко А. С.</i> <b>Вимоги до автоматизації підтримання мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин .....</b>	<b>119</b>
<i>Найденко В. О.</i> <b>Регулювання режиму роботи насосів при вирощуванні аквакультури в садках.....</b>	<b>120</b>
<i>Плахотник А. К.</i> <b>Аналіз способів управління роботами і маніпуляторами.....</b>	<b>121</b>
<i>Повелиця О. В., Якименко В. М.</i> <b>Підвищення ефективності пилорами завдяки впровадженню електроприводів зі скалярними системами керування.....</b>	<b>122</b>
<i>Приходько В. О.</i> <b>Моделювання пускових режимів роботи стрічкового транспортера .....</b>	<b>123</b>
<i>Пугач О. С.</i> <b>Система вирівнювання струмів тягових двигунів електровозу.....</b>	<b>124</b>
<i>Радченко Р. К.</i> <b>Оцінка наслідків відмов електрообладнання на тваринницькій фермі.....</b>	<b>125</b>
<i>Репка В. С.</i> <b>Методи покращення роботи генераторів вітроенергетичних установок.....</b>	<b>126</b>
<i>Садовський І. В.</i> <b>Доцільність фазування групи електроприводів в установці виготовлення опалювальних пелетів.....</b>	<b>127</b>

<i>Саража А. М.</i> <b>Електромеханічна система для орієнтації фотопанелі на сонце.....</b>	<b>128</b>
<i>Семка Д. С.</i> <b>Аналіз технічних характеристик пастеризаторів молока.....</b>	<b>129</b>
<i>Сердюк І. О.</i> <b>Підвищення ефективності роботи електроприводу віброрешета в установці сепарації зерна.....</b>	<b>130</b>
<i>Сліпенська Л. В.</i> <b>Розробка системи керування слідкуючим асинхронним електроприводом з енергозберігаючим керуванням.....</b>	<b>131</b>
<i>Усков А. В.</i> <b>Аналіз варіантів взаємодії системи «Продукт-випромінювач» в процесі ІЧ сушки фруктів.....</b>	<b>132</b>
<i>Устименко А. О.</i> <b>Критерії вибору оптимального режиму електроспоживання системи водопостачання.....</b>	<b>133</b>
<i>Хільченко С. М.</i> <b>Удосконалення процесу видалення вологи у вакуумній випарній установці.....</b>	<b>134</b>
<i>Шепелева Л. С.</i> <b>Аналіз процесу змішування сипких компонентів при виробництві кормових сумішей .....</b>	<b>135</b>
<i>Якименко В. М.</i> <b>Підвищення ефективності роботи електроприводу подрібнювача зелених кормів.....</b>	<b>136</b>
 <b>СЕКЦІЯ 4. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ</b>	
<i>Адажинік В. П.</i> <b>Використання електричного струму в медицині.....</b>	<b>137</b>
<i>Баглик Є. С.</i> <b>Очистка промислових стічних вод після первинної обробки вовни.....</b>	<b>138</b>
<i>Бойко К. І.</i> <b>Блокада периферичного болю шляхом впливу електричним струмом низької частоти.....</b>	<b>139</b>
<i>Васильчук Д. П.</i> <b>Вимірювальний перетворювач на основі витратоміру Вентурі з п'єзрезонансним датчиком.....</b>	<b>140</b>

<i>Кантемир В. О.</i> <b>Розробка комп'ютерної програми: «Помічник ветеринара».....</b>	<b>141</b>
<i>Куриленко К. О.</i> <b>Обладнання для санітарії та гігієни в технологічному процесі виробництва молочної продукції .....</b>	<b>142</b>
<i>Макушинський С. С.</i> <b>Вушний апарат на кістковій провідності.....</b>	<b>144</b>
<i>Мальцев К. В.</i> <b>Вимоги до біоматеріалів в сучасній трансплантології.....</b>	<b>145</b>
<i>Манжелей О. В.</i> <b>Використання методу спектрального аналізу для оцінки морфологічних ознак еритроцитів.....</b>	<b>146</b>
<i>Мерчанський Н. О.</i> <b>Розрахунок та оптимізація роботи електрообладнання для предпосівної обробки насіння.....</b>	<b>147</b>
<i>Моргун Д. О.</i> <b>Використання радіолокації SUPER-FOAM для ідентифікації людей під завалами.....</b>	<b>148</b>
<i>Пастушенко Р. Р.</i> <b>Вирішення електротехнічної задачі з розрахунку електропривода насоса живлення водонагрійного котла.....</b>	<b>149</b>
<i>Петкогло Д. Ю.</i> <b>Транзистори з рідкого металу – основа біологічно сумісних комп'ютерів.....</b>	<b>150</b>
<i>Попадин В. М.</i> <b>Використання ультразвуку для діагностики.....</b>	<b>151</b>
<i>Решетников О. Г.</i> <b>Розрахунок ВЧ-фільтру для зменшення потенціалу поляризації.....</b>	<b>152</b>
<i>Свіжий В. В.</i> <b>Інформаційні елетромагнітні поля для лікування ендомитриту корів.....</b>	<b>153</b>
<i>Сидоренко Д. С.</i> <b>Ємнісний вимірювач для вимірювання рівня зерна в зерносховищах.....</b>	<b>154</b>
<i>Скубій О. М.</i> <b>Достовірність та ефективність методів маммографії.....</b>	<b>155</b>
<i>Хіміч В. Г.</i> <b>Аналіз використання мікрохвиль в медицині.....</b>	<b>156</b>

<b>СЕКЦІЯ 5. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО- ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ</b>	<b>157</b>
<i>Бакуменко І. К., Білий Д. В.</i> <b>Особливості застосування систем активної вентиляції для зберігання плодоовочевої продукції.....</b>	<b>157</b>
<i>Гаврилов В. К.</i> <b>Перспективи та проблеми використання мікроканальних випарників в холодильній індустрії.....</b>	<b>158</b>
<i>Крижановський А. В.</i> <b>Екологічні технології у промисловому холоді.....</b>	<b>159</b>
<i>Лагодич В. Д.</i> <b>Каскадні системи холодопостачання на СО<sub>2</sub> для підприємств продуктового рітейлу .....</b>	<b>160</b>
<i>Ляшенко С. Ю.</i> <b>Основні етапи проектування систем холодопостачання.....</b>	<b>161</b>
<i>Мищенко В. В.</i> <b>Аналіз енергоспоживання холодильного обладнання в супермаркетах .....</b>	<b>162</b>
<i>Мольський О. С.</i> <b>Аналіз процесів заморожування курячих субпродуктів.....</b>	<b>163</b>
<i>Сазанський А. Р., Константинов І. О.</i> <b>Дослідження холодильної системи працюючої на різних холодильних агентах...</b>	<b>164</b>
<i>Триль Є. О.</i> <b>Розробка секції інфрачервоного (ІЧ) випромінювання для пастеризації соків...</b>	<b>166</b>
<i>Халін Д. В.</i> <b>Розробка принципової електричної схеми керування мікрокліматом теплиці...</b>	<b>167</b>
<i>Черняков Д. В.</i> <b>Динамічне регулювання холодопродуктивності поршневих компресорів .....</b>	<b>168</b>
<i>Шатохін І. С.</i> <b>Торговельне холодильне обладнання для підприємств рітейлу.....</b>	<b>169</b>
<i>Штена Р. В.</i> <b>Аналіз сучасних проміжних холодоносіїв для холодильних систем непрямого охолодження.....</b>	<b>170</b>
<i>Ялама В. В.</i> <b>Доступні суднові технології та паливо для декорбонізації судноплавства.....</b>	<b>171</b>



Наукове електронне видання  
Можна використовувати в локальному та мережному режимах

## **ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК: НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ**

**МАТЕРІАЛИ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

11 квітня 2023 р.

Відповідальні за випуск: Ю.М.Хандола,  
О.О.Мірошник,  
О.В.Петренко,  
О.М. Жданович  
Комп'ютерна верстка: В.Пазій  
В.Гузенко  
М.Чорна  
М.Смілик  
С.Литвиненко

---

Підп. до друку 11.04.2023 р. Об'єм даних 8,37 Мб.

---

Державний біотехнологічний університет  
Вул. Алчевських, 44, Харків, 61002