



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

Харків,  
2024



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

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



Матеріали  
II Всеукраїнської науково-практичної конференції

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

2 квітня 2024 р.

м. Харків

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Державний біотехнологічний університет  
Національний технічний університет «ХП»  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Національний університет біоресурсів і природокористування України  
ЗВО «Подільський державний університет»

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

Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної  
конференції

2 квітня 2024 р.

Харків  
ДБТУ  
2024

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»;  
**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 2024 році згідно з листом ІМЗО МОН України від 04.01.2024 № 21/08-7*

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА ТЕХНОЛОГІЇ В АПК:  
НАУКОВІ ПОШУКИ МОЛОДІ** : [Електронний ресурс] : матеріали Всеукраїнської наук.-практ. конф., 2 квітня 2024 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Харків, 2024. – 212 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 621.3:331.45

### ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПРИСТРОЯМИ КЕРОВАНОЇ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Абалмасов О. О., магістр, e-mail: [Abalmaster7rozz@gmail.com](mailto:Abalmaster7rozz@gmail.com)

Науковий керівник доц. Серета А. І.

Державний біотехнологічний університет

Одним із головних елементів електроенергетичної системи є лінії електропередавання надвисокої напруги (ЛЕП НВН), які є системо утворювальними для магістральних електричних мереж. Від надійності та ефективності експлуатації ЛЕП НВН залежить нормальне функціонування об'єднаної електроенергетичної системи. Для забезпечення ефективної експлуатації ЛЕП НВН необхідно провести оптимізацію режиму напруги та реактивної потужності. Це обумовлено збільшенням середніх відстаней між джерелами і споживачами електроенергії, відставанням мережевого будівництва і недоліком в установці засобів компенсації реактивної потужності. Тому завдання зниження втрат потужності й енергії в електричних мережах з розвитком енергосистем зберігає свою актуальність. Зниження втрат потужності й енергії в електричних мережах є важливою складовою загального комплексу енергоощадних заходів.

Одним із засобів вирішення цього завдання є оптимізація параметрів режиму електричної мережі – управління потоками потужності, регулювання напруги в мережі, встановлення і регулювання пристроїв компенсації реактивної потужності та ін. [1]. Оптимізація режиму роботи ЛЕП НВН, яка розглядається як локальний об'єкт, за рахунок мінімізації втрат активної потужності в ній, повинна ґрунтуватись на розв'язанні задач оптимізації режиму напруги та реактивної потужності. Керування режимом роботи ЛЕП НВН полягає у правильному виборі складу пристроїв компенсації зарядної потужності з метою регулювання рівнів напруги та коефіцієнтів потужності на шинах кінцевих підстанцій. Слід зазначити, що оптимізація режимів роботи ЛЕП НВН в даній постановці задачі виконується з огляду на деякі найсуттєвіші режимні параметри. Також слід зазначити, що в попередніх дослідженнях не розглядалися питання, які пов'язані з урахуванням коронування проводів та його впливу на розподіл напруги та доцільність застосування глибокого регулювання напруги в лініях даного класу напруги.

Одним із заходів, що забезпечує зниження втрат електроенергії, є оптимізація режимів роботи ЛЕП НВН за напругою та реактивною потужністю. Вирази для визначення втрат активної потужності в лінії електропередавання містять складові втрат холостого ходу та короткого замикання. Оптимального значення напруги на початку або в кінці лінії електропередавання практично неможливо досягти через неможливість підвищення робочої напруги гранично допустимого значення по умові роботи ізоляції обладнання та недостатній потужності й урегульованості парку встановлених компенсувальних пристроїв. Шляхом застосування сучасних пристроїв керованої компенсації зарядної потужності лінії електропередавання можна досягти більш глибокого регулювання реактивної потужності й напруги та, відповідно, мінімізації втрат активної потужності.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кучанський В.В. Застосування концепції SMART GRID з метою збільшення пропускної здатності лінії електропередачі надвисокої напруги / В.В Кучанський, // Праці Інституту електродинаміки НАН України. –2020. – № 55. – С. 40–45.



## СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ СПОЖИВАЧІВ

Аліфіренко А. Ю., магістрант, e-mail: [andriialifirenko@gmail.com](mailto:andriialifirenko@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Оцінити надійність електропостачання в умовах воєнного часу дуже складно, тому що відповідно до [1] це інформація з обмеженим доступом і можливе використання, наприклад, лише останніх доступних звітів НКРЕКП за 2019 та 2020 роки (так як звіт за 2021 рік був прийнятий вже в період дії воєнного стану). Наприклад, в [2] приводяться дані щодо індексу середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні в системі - System Average Interruption Duration Index (SAIDI) з вини компаній в 2020 році в Україні 816 хв., а найгірший відповідний показник в ЄС у Румунії – 361 хв. SAIDI внаслідок планових перерв в Україні в 2020 році був 484 хв., а найбільший цей показник серед країн ЄС у Латвії – 256 хв. Це свідчить про незадовільний технічний стан енергетичного обладнання, що потребує значно більшого часу для проведення планових ремонтів. Відповідно, ключовими проблемами у передвоєнний час були визначені технічний знос енергетичного обладнання, низький рівень фінансування інвестиційних програм, тощо [2]. На сьогодні крім того існують інші суттєві причини, які можуть впливати на надійність електропостачання, насамперед, наслідки ракетних обстрілів інфраструктури, відтік кваліфікованих кадрів тощо. За доступними на час дослідження даними [3] в енергетиці найбільше постраждали через ракетні атаки об'єкти, що забезпечують виробництво, передачу та розподіл електроенергії (див. рисунок 1).

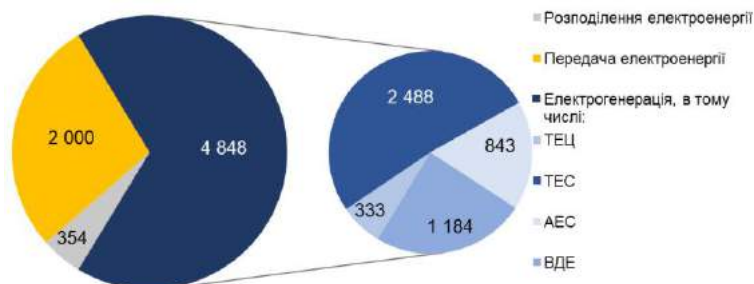


Рисунок 1 - Прямі інфраструктурні збитки об'єктам електроенергетики, млн дол. США станом на червень 2023 року [3]

Таким чином, проведений аналіз сучасного стану питання показав, що існують багато факторів впливу на надійність електропостачання. Тому актуальним на сьогодні є дослідження шляхів забезпечення надійності електропостачання споживачів у післявоєнний час з врахуванням цих факторів.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Постанова НКРЕКП від 26.03. 2022 р. № 349/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0349874-22#Text> (дата звернення 28.02.2024).
2. Звіт про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, у 2019 році//Офіційний сайт НКРЕКП. URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-zatverdzhennya-zvitu-pro-rezultati-diyalnosti-natsionalnoi-komisii-shcho-zdiysnyue-derzhavne-regulyuvannya-u-sferakh-energetiki-ta-komunalnikh-poslug-u-2019-rotsi> (дата звернення 27.02.2024).
3. Звіт про прямі збитки інфраструктури та непрямі втрати економіки від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на червень 2023 року. [Електронний ресурс]//Офіційний сайт КСЕ. URL: [https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/09/June\\_Damages\\_UKR\\_-Report.pdf](https://kse.ua/wp-content/uploads/2023/09/June_Damages_UKR_-Report.pdf) (дата звернення 5.03.2024).

Абсолютна радіометрія з електричним заміщенням зазвичай реалізується за допомогою теплових ПВП, тобто перетворювач забезпечується спеціальною обмоткою, в якій виділяється достатньо точно вимірювана потужність (або енергія) постійного (або змінного) струму, що постачається в цю так звану обмотку заміщення стороннім джерелом живлення.

Ідеальний вимірювальний процес, що протікає в АР, представлений на рисунку 1 а, з якого видно три основні його стадії: перетворення оптичної потужності в тепло; перетворення електричної потужності в тепло; сприйняття і перетворення теплового потоку в електричний вимірювальний сигнал. В ідеальному АР функції виконує один і той же чутливий елемент, оскільки в ньому шляхи поширення оптичної та електричної потужності від поверхонь їх сприйняття до перетворювача в електричний вимірювальний сигнал однакові, і коефіцієнт заміщення дорівнює одиниці. Під останнім мається на увазі відношення електричних вимірювальних сигналів, що по черзі створені впливом на чутливий елемент АР вимірюваної оптичної та заміщуваної електричної потужностей [1]. Чутливим елементом або сенсором абсолютного радіометра є перша частина в вимірювальному ланцюзі перетворювального елемента, що знаходиться під безпосереднім впливом вимірюваної величини.

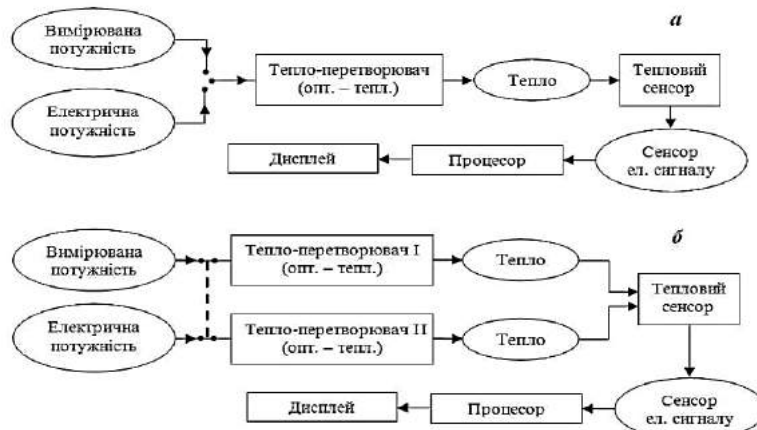


Рисунок 1 - Процеси перетворення в абсолютному радіометрі:  
а - ідеальний АР; б - реальний АР

У реальному АР обидва шляхи неідентичні, це призводить до відмінності коефіцієнта заміщення від одиниці і виникнення нееквівалентності заміщення, що в подальшому викликає похибки приладу. На рисунку 1. б відмінність шляхів розповсюдження потужностей відображається наявністю двох неідентичних перетворювачів I і II в тепло. Крім нееквівалентності заміщення, є різниця між коефіцієнтами перетворення оптичної та електричної потужностей в тепло.

При падінні оптичної потужності на приймальну поверхню спостерігаються процеси поглинання, відбиття, розповсюдження, люмінесценції, фото-електричні ефекти, структурні зміни матеріалу і т. д. В деяких випадках впливами цих процесів і ефектів на ПВП можна знехтувати.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Серкез Х.В. Шляхи вдосконалення блоку вимірювання різниці температур абсолютного радіометра енергетичної освітленості / Х.В. Василюха, В.О. Яцук // 69-та студентська науково-технічна конференція Інституту комп'ютерних технологій, автоматики та метрології - Львів: НУ «ЛП», 2011. - С. 55-57.

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ПЕРЕРОБНОГО ЗАВОДУ

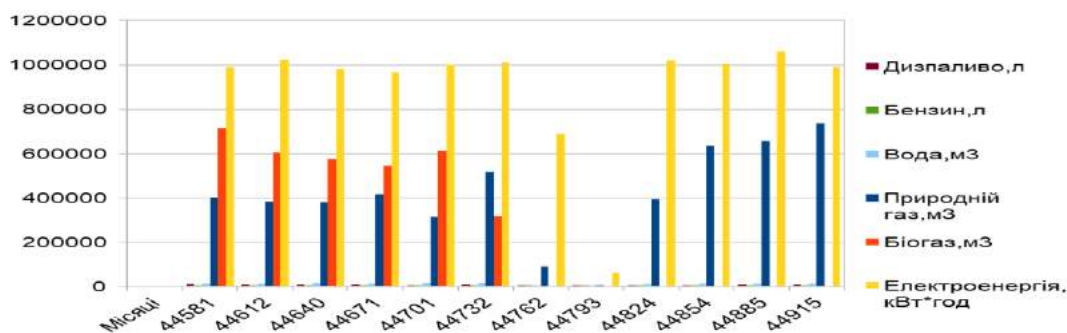
Бодаква Б. Р., магістр, e-mail: [mrslafa2021@gmail.com](mailto:mrslafa2021@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Енергетичний аудит – це процес оцінки енергетичної ефективності заводів, підприємств. У ході аудиту, оцінено енергоспоживання переробного заводу, його систему опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, освітлення та інші складові, що впливають на енергоспоживання.

Рисунок 1 - Щомісячне споживання паливно-енергетичних ресурсів



На основі результатів аудиту було складено детальний звіт, у якому вказуються рекомендації щодо підвищення енергоефективності підприємства. Вони стосуються заміни застарілих обладнань на більш енергоефективні, оптимізації режимів роботи компресорної, встановлення ЧРП. У результаті впровадження рекомендацій енергоспоживання було знижене, що призвело до зменшення витрат на оплату електроенергії, що підвищить загальний дохід від підприємства.

Основна функція енергетичного аудиту полягає у вирішенні наступних завдань:

- складання енергозбережних заходів, орієнтованих на зменшення витрати енергії;
- створення карт споживання енергетичних ресурсів підприємства;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансове оцінювання організаційно-технічних заходів підприємства.

Мета проведення енергетичного аудиту.

Розробка енергоефективних заходів, спрямованих на зменшення енергоспоживання та зменшення витрат на енергію. Проведення розрахунку щодо доцільності використання ЧРП у приміщенні котельні, проведення аналізу основних енерго-економічних показників. Енергоефективні заходи можуть не тільки зменшити витрати на енергію, але й сприяти зменшенню викидів вуглецю та інших шкідливих речовин, що негативно впливають на зміну клімату. Враховуючи важливість збереження енергії та зменшення впливу на навколишнє середовище, енергоефективні заходи можуть стати ефективним інструментом у досягненні безвідходного виробництва та мінімізації викидів CO<sub>2</sub>.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Zakon.rada: вебсайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text> (дата звернення 25.02.2023).
2. ДСТУ 4714:2007. Енергозбереження. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств. Методика побудови та аналізу. Чин. Від 01.07.2007. Держстандарт України, 2007. 25 с.
3. Трунова І. М. Практикум з енергетичного аудиту в АПК.: навч. посіб. для студентів вищ. навч. зак./ І. М. Трунова, О. А. Савченко, О. В. Мірошник. Харків. Фінарт, 2015. 180 с.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ  
ОБ'ЄКТАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Бунько Н. В., здобувач вищої освіти, e-mail: [VBunko@gmail.com](mailto:VBunko@gmail.com)

Національний університет «Львівська політехніка»

Науковий керівник доц. Бунько В. Я.

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

Автоматизована система диспетчерсько-технологічного управління (АСДТУ) служить для виробничо-технічної діяльності мережевого енергетичного підприємства, що забезпечує всебічну підтримку процесів збору, обробки та використання технологічної інформації (інформації про режими роботи електричних мереж, стан мережних об'єктів та їх обладнання, стан засобів і систем управління тощо).

АСДТУ призначена для забезпечення наочного й оперативного представлення процесів, що протікають в електричній мережі; діагностування стану основного обладнання; оперативного контролю електроспоживання й потужності; мінімізації впливу людського фактору на процеси збору, обробки й зберігання інформації; забезпечення цілісності, збереження, однозначності й вірогідності інформації; імітаційного моделювання режимів мережі (оцінка ефективності заходів щодо підвищення економічності, включаючи енергозбереження, надійності роботи); реалізації технологічних завдань, що розв'язуються різними службами й підрозділами для забезпечення диспетчерського управління; забезпечення можливості інтеграції системи АСДТУ в сучасні корпоративні системи управління підприємством. АСДТУ базується на програмно-технічному комплексі Power On Advantage [1]. Запропонована АСДТУ забезпечує можливість простого та швидкого розширення шляхом додавання нових функцій при подальшій реконструкції.

Високий рівень надійності досягається за рахунок застосування резервованих серверів диспетчерського центру (ДЦ) і резервованих шлюзів, які працюють в режимі «гарячого» резервування, а також системи гарантованого електроживлення - в кінцевому рахунку, забезпечуючи систему з відсутністю єдиної точки відмови.

Для оптимізації бізнес-процесів управління електричною мережею, забезпечення надійності електропостачання споживачів і зниження операційних витрат на експлуатацію АСДТУ, встановлених в географічно розподілених диспетчерських пунктах електромережної компанії, районів електричних мереж, пропонується використовувати єдину централізовану модель автоматизованої системи оперативно-технологічного управління мережею [2].

Єдина централізована модель автоматизованої системи управління – модель побудови АСДТУ, при якій у всіх пунктах управління встановлені елементи (серверні вузли, вузли збору або АРМ користувачів) єдиного програмно-апаратного комплексу Power On Advantage ADMS [1]. Застосування єдиної централізованої системи дозволяє уніфікувати інформаційну модель і схеми мережі, інтерфейси користувача, функції, форми введення і відображення інформації на всіх рівнях управління розподільної компанії.

Дана модель передбачає використання обчислювальних ресурсів, встановлених централізовано, або розподілених по декількох об'єктах з метою резервування та забезпечення відмовостійкості комплексу, і організацію доступу до функцій єдиної системи на кожному диспетчерському пункті за допомогою обчислювальних вузлів системи і АРМ системи.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <http://www.advantageind.com/wp-content/uploads/2015/05/PowerOnAdvantage-ADMS.pdf> (дата звернення: 12.02.2024)
2. Плешков П. Г., Серебренніков С. В., Петрова К. Г. Телемеханіка та автоматизовані системи управління в електроенергетиці : навч. посіб. Кіров. нац. тех. ун-т. Кіровоград: КНТУ. 2016. 163 с.



СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

Гаврилюк Д. С., магістр, e-mail: [ketem@pdatu.edu.ua](mailto:ketem@pdatu.edu.ua)

Науковий керівник доцент Ткач О. В.

ЗВО «Подільський державний університет»

На момент проведення обстеження на підприємстві здійснюється приладовий комерційний облік покупних енергоносіїв (електроенергія, газ), ведеться журнал по споживанню електричної енергії, а також здійснюється в бухгалтерії облік закупівлі дров. Але в зв'язку з відсутністю системи технічного обліку, дані про споживання електричної енергії отримуються щодо всього підприємства. Розрахунки щодо деталізації споживання по підрозділам підприємства не ведуться. Аналіз вказаних вище даних ведеться фрагментарно. Відсутній системний підхід до проведення аналізу енергетичних даних, а також не впроваджена процедура коригувальних дій у випадку збільшення рівня енергоспоживання.

Зважаючи на вказані недоліки в існуючій системі управління енерговикористанням вважаємо за доцільне рекомендувати керівництву компанії здійснити удосконалення системи обліку споживання енергоресурсів шляхом впровадження технічного обліку, а також впровадити систему енергетичного менеджменту, що буде відповідати вимогам міжнародного стандарту.

Основна мета енергетичного менеджменту на підприємстві - виявлення і реалізація можливостей в управлінні резервами енерговикористання.

Питання економії енергоресурсів розглядаються при цьому з позицій системного підходу, маючи на увазі їх спрямованість на зниження витрат на виробництво і реалізацію продукції на підприємстві, управління енергозбереженням, як складової частини управління витратами.

Результатом такого управління повинно з'явитися поліпшення фінансового становища підприємства і підвищення його конкурентоспроможності.

Енергоменеджмент як управлінський процес, який передбачає послідовне виконання, циклічність і координацію планування, створення адекватних структур управління, механізмів симулювання і контролю над раціональним витрачанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), що спирається на облік витрат, планування, контроль і аналіз, не заслужив на підприємстві належного визнання.

Ознаки наявності енергетичного менеджменту на підприємстві відсутні (немає енергетичної політики, відсутня організаційна структура, немає делегування відповідальності за раціональне використання енергії, споживання енергії не відстежується і не аналізується). Наслідком цього є втрата можливості знизити енергоспоживання і витрати коштів підприємства в секторі енергоспоживання.

До числа організаційних труднощів слід віднести, в першу чергу, що не остаточно сформовану виробничу структуру, так і структуру управління підприємством.

У цій структурі до теперішнього моменту не знайшлося місця для організаційно-адміністративної структури, професійно орієнтованої на управління витратами і вартістю енергії.

Початку роботи по встановленню контролю над енергоспоживанням, як першої та обов'язкової стадії розвитку енергетичного менеджменту, перешкоджають технічні труднощі:

- в частині споживання електричної енергії;
- відсутність технічних засобів вимірювання витрат електричної енергії (єдиний лічильник електричної енергії призначений для розрахунків з електропостачальних підприємств).

У поточному стані підприємства перспективи ефективного енергоменеджменту пов'язані з розробкою і впровадженням заходів, де переважає ефект економії енергії та витрат на її оплату.

СИСТЕМА ГІБРИДНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОНТРОЛЕРА  
АВТОМАТИКИ ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ  
З ЛОКАЛЬНИМИ ПІДСИСТЕМАМИ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ  
МІКРОКЛІМАТУ

Гладкий В. В., Левченко О. С., студенти, e-mail: [vv\\_gl@ukr.net](mailto:vv_gl@ukr.net)  
Науковий керівник к.т.н. доц. Якимець С. М., e-mail: [ysm\\_seem@meta.ua](mailto:ysm_seem@meta.ua)  
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

Ключові слова: джерело живлення, сонячна панель, акумулятор, теплиця

*Актуальність розробки.* Системи гібридного електропостачання та контролю мікроклімату для тепличних комплексів є важливими для сучасного агропромислового сектору, оскільки вони сприяють забезпеченню стабільності у виробництві, оптимізації використання енергетичних ресурсів та забезпеченню оптимальних умов для росту культур, що є критичними факторами в умовах зміни клімату та енергетичних викликів.

*Мета розробки.* Полягає в створенні інноваційної технологічної платформи, спрямованої на забезпечення надійного, ефективного та енергоефективного електропостачання та оптимального контролю параметрів мікроклімату в тепличних умовах.

*Основні матеріали розробки.* Узагальнена структурна схема буде містити такі основні блоки:

– Датчики мікроклімату: Вони вимірюють параметри мікроклімату, такі як температура, вологість, освітленість тощо.

– Контролер автоматки: Центральний блок, який приймає дані від датчиків і приймає рішення про керування системою електропостачання та мікрокліматом.

– Система гібридного електропостачання: Включає в себе різні джерела енергії, такі як сонячні панелі, вітрогенератори, дизельні генератори, а також системи зберігання енергії, такі як акумуляторні батареї.

– Підсистема управління електроенергією: Цей блок відповідає за розподіл електроенергії між різними джерелами та споживачами в системі.

– Підсистема управління мікрокліматом: Вона включає в себе елементи керування, такі як системи поливу, системи вентиляції, системи обігріву та охолодження.

– Комунікаційна мережа: Вона забезпечує зв'язок між всіма блоками системи, дозволяючи обмінюватися даними та командами.

Акцент розробки буде скерований на проектування системи гібридного електропостачання з підсистемою управління електроенергією. Основні структурні елементи, що будуть використовуватися:

– Джерела енергії: сонячні панелі, дизельний генератор.

– Система зберігання енергії: акумуляторні батареї.

– Підсистема управління електроенергією: контролер автоматки, з функцією моніторингу та керування електроенергією, включаючи регулювання виробництва, зберігання та споживання енергії.

Ця структура дозволить ефективно використовувати енергію з сонячних панелей, зберігати надлишкову енергію та використовувати дизельні генератори як додатковий резервне джерело енергії. Підсистема управління електроенергією забезпечить оптимальне розподілення та використання електроенергії з урахуванням потреб тепличного комплексу.

## ПРОБЛЕМИ ПЕРЕХОДУ НА ЗАСОБИ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В МЕДИЧНИХ УСТАНОВАХ

Горюн О. О., аспірант,  
Карпалюк І. Т., професор, e-mail: [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)  
Донецька Т.С., доцент  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

За можливості відключення електропостачання, одна із ймовірних дій по забезпеченню електрикою – встановлення резервних поршневих електричних генераторів. Таке рішення найбільш очевидне і найбільш просте з технічної точки зору. Тому й отримало розповсюдження використання саме поршневих генераторів. Тип двигуна залежить здебільшого від потужності генератора. На невеликі потужності від 0,5 кВт до 15 кВт використовуються переважно бензинові двигуни, а на більші потужності і на більші строки безперервної роботи використовують двигуни внутрішнього згорання на дизельному пальному. Для таких більших двигунів вже використовують не просте підключення, а розробляють місця стаціонарного розташування, стаціонарне підведення мережі, змінюють електричну схему підприємства для можливості дистанційного ручного або автоматичного ввімкнення і вимкнення генератора. В більшості випадків такі дизельні генератори мають досконалу систему стабілізації напруги. Це можуть бути синхронні і асинхронні альтернатори різних конструкцій. Для стаціонарних електрогенераторів з двигунами внутрішнього згорання зараз все частіше використовують інверторні перетворювачі. В таких перетворювачах використовується подвійне перетворення змінний струм з генератора випрямляється і стабілізується, а потім перетворюється в змінний струм із синусоїдою напруги значно вищої якості ніж та, що отримана з полюсів генератора. Таким чином досягається і стабільна величина напруги навіть із величиною відхилення від номінального значення до 2,5%. Користувачі покладаються на гарантію виробника генератора, щодо якості електропостачання. І це має своє підґрунтя, бо такі дизельні генератори в своїй більшості надходять до України із розвинутих країн Європи. Де питання якості електропостачання стоїть дуже гостро. Але за умови, коли генератор має використовуватися для живлення об'єктів із високими вимогами до якісних параметрів електропостачання довіри до виробника недостатньо. До об'єктів із підвищеними вимогами до якості електричної енергії відносяться медичні заклади. В медицині на теперішній час використовується все більше електричних приладів і для діагностики і для лікування. І більшість таких приладів вироблені в різних країнах світу, і вони бувають дуже вимогливими до електричної мережі. Від їх працездатності може залежати життя людини.

Так в одній лікарні міста Харкова при підключенні живлення від генератора, деякі прилади медичного призначення або переставали працювати, або працювали в ненормальних режимах. При живленні із загальної електромережі група приладів споживала 4 кВт активної потужності в годину, а при підключенні від генератора споживання зростало до 13 кВт активної потужності в годину.

**Висновок:** при підключенні в мережу резервного генератора, необхідно: виконати аналіз споживачів; запровадити відповідні схемні рішення по узгодженню приладів споживачів з урахуванням якості електричної енергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Кибербезопасность и качество электрической энергии в системах медицинских объектов – Учебное пособие/ Е. И. Сокол, О.Г. Гриб, В.П. Старенький, і інші (Під загальною редакцією член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора Сокола Є.І.). – Харків: ФОП Панов О.М., 2018. – 259 с.

ВПЛИВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГІДРОГЕНЕРАТОРА  
НА СТАН ЕЛЕМЕНТІВ КРІПЛЕННЯ ОСЕРДЯ СТАТОРА

Губа Д. М., студент, e-mail: [Dmytro.Huba@ieec.khpi.edu.ua](mailto:Dmytro.Huba@ieec.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Шевченко В. В.  
Національний технічний університет «ХПІ»

Натепер спостерігається високий рівень старіння паркового обладнання гідроелектростанцій (ГЕС та ГАЕС). Найбільш технічний ресурс вичерпало генераторне обладнання. Тому, з урахуванням вимог економічної ефективності, стратегічним завданням є продовження терміну експлуатації та підвищення надійності гідрогенераторів (ГГ), вдосконалення ремонтного обслуговування та оптимізація витрат на модернізацію та технічне переозброєння обладнання ГЕС та ГАЕС. Одним з найбільш ефективних варіантів вирішення цих завдань є підвищення якості діагностичних обстежень ГГ, впровадження та розвиток нових, а також удосконалення методів діагностики, що забезпечують своєчасне та повне виявлення дефектів (у тому числі і на ранній стадії розвитку), а також повнота та якість їх усунення.

Надійність ГГ та його фізичний ресурс значною мірою залежить від технічного стану осердя статора, від стану системи його кріплення до корпусу статора. Вона забезпечує збереження необхідного рівня жорсткості осердя та віброізоляцію корпусу статора та фундаменту від вібрацій, які з'являються від дії електромагнітних сил (ЕМС). Надійність систем кріплення захищає осердя статора від зовнішніх вібрацій, що передаються від фундаменту через опори та підшипники до корпусу ГГ, [1].

На станціях було відзначено зміну вібраційного стану корпусів та осердь статорів ГГ, які тривалий час працювали в неномінальних режимах (при навантаженні 70, 50, 30% від номінального). ГЕС/ГАЕС є одними з основних систем регулювання балансу електроенергії в електричній системі. Тому вони часто працюють у неномінальних режимах. При виконанні ремонтних робіт на блоках ГЕС було встановлено, що в контурі «стяжні призми осердя статора - вузли кріплення осердя до корпусу» ГГ, які тривалий час експлуатували в таких режимах, порівняно з ГГ, які працювали лише в номінальних режимах, вібрації вище. Відзначено частіше ослаблення запресування шихтованих пакетів і, відповідно, руйнування ізоляції обмоток статора в пазовій і в лобових частинах. Вихрові струми, що наводяться в елементах кріплення осердя статора, а, отже, і величина ЕМС, що діє на стяжні призми ГГ, визначається магнітним потоком, що витісняється з осердя. Цей потік може бути представлений, Вб:

$$\Phi_{dif} = \frac{\mu_0 \cdot H_c \cdot \tau}{\pi} \cdot \left[ 1 + \left( \frac{R_c}{R_k} \right)^{2p} \right] \cdot \left[ 1 - \left( \frac{R_c}{R_k} \right)^{2p} \right]^{-1}$$

де  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнітна постійна;  $R_c$  – зовнішній радіус спинки осердя статора, м;  $R_k$  – внутрішній радіус корпусу статора, м;  $H_c$  – амплітуда тангенціальної складової напруженості на поверхні спинки статора при  $r=R_c$ , А/м;  $R_c/p$  – полюсний поділ на поверхні спинки, м;  $2p$  – кількість полюсів. Тож потік, який витісняється з осердя, прямо пропорційний напруженості магнітного поля в спинці осердя, що залежить від режиму роботи ГГ.

Результати розрахунків показали, що у нормальних режимах роботи ГГ величина ЕМС, яка впливає на стяжні призми при незначних змінах активної та реактивної потужності ( $P$  та  $Q$ ), змінюється мало. Але в неномінальних режимах, 70, 50, 30% від  $P_N$ , на стяжні призми діють значні додаткові сили, які викликають підвищення вібрації.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Griscenko M., Vitols R. Stator core vibration and temperature analysis of hydropower generation unit at 100 Hz frequency. – Engineering for rural development. – Jelgava. – 20-22.05.2015. – Pp. 383-388. [https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2015/Papers/063\\_Griscenko.pdf](https://www.tf.lbtu.lv/conference/proceedings2015/Papers/063_Griscenko.pdf)



Відмови апаратів керування і захисту можна розділити на дві групи: 1) раптові – виникають переважно за стрибкоподібної зміни одного чи кількох параметрів; 2) поступові – настають внаслідок зношування і старіння.

Найбільш уражуваними є контакти, обмотки котушок і механічна частина апаратів. Відмови контактів є наслідком впливу комплексу експлуатаційних факторів – струму, напруги, частоти й характеру комутації, величини навантаження, умов навколишнього середовища, вібрації тощо. Вони становлять близько 40–60 % усіх відмов залежно від виду апарата. Найбільш прискорює зношування контактів електрична дуга, що супроводжує їх розмикання і призводить до оплавлення та випаровування контактних матеріалів. Поряд із цим електричне зношування контактів відбувається під час підскакування рухомих контактів від нерухомих під час їх з'єднання. Механічне зношування контактів спричиняється ударами й тертям контактних поверхонь. Відмови контактів апаратів з малим струмом часто настають внаслідок появи поверхневих окисних плівок. Відмови обмоток котушок пов'язані з обривами та міжвитковими замиканнями. Обриви проводу виникають у місцях не якісно пропаяних з'єднань унаслідок вібрації та механічного впливу. Низька якість ізоляції обмоткового проводу в поєднанні зі струмовим перевантаженням (заклинювання, нещільне прилягання поверхонь осердя магнітопроводу) провокує міжвиткові замикання в обмотках. Ізоляція пошкоджується також за комутаційних перенапруг на затискачах котушок. Рідше виникає пробій ізоляції безкаркасних котушок на корпус апарата.

За результатами досліджень різних науковців, встановлена лінійна залежність інтенсивності відмов котушок апаратів керування і захисту від напруги живлення, а також чіткий зв'язок кількості відмов із збільшенням кількості циклів «увімкнення – вимикання» та з тривалістю роботи.

Відмови механічних систем апаратів (до 20 % усіх відмов) настають із зношуванням та руйнуванням деталей і вузлів, а також у разі перекосів, застрявань і заклинювань рухомої частини. В основному це поступові відмови за винятком незначної кількості раптових відмов у період приробітку.

У процесі експлуатації трапляються також обриви коротко замкнутих витків на осерді апаратів змінного струму, а також послаблення чи руйнування пружин. Не досить довговічними є деталі апаратів керування і захисту, виготовлювані із широко застосовуваної пластмаси. Металеві ж деталі й вузли страждають від корозії, особливо в умовах високої вологості повітря та наявності в ньому хімічно активних реагентів.

#### 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., Міщенко А. В., Антипов Є. О. Підвищення енергоефективності систем теплопостачання в навчальних закладах. Відновлювальна енергетика .К. 2019.
3. Радько І. П., Наливайко В.А. Окушко О. В. Міщенко А. В., Антипов Є. О. Дослідження шляхів зменшення втрат теплоносіїв в НУБІП України. Енергетика та автоматика. – 2019.-№1. – С. 114-126

ПІДВИЩЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В РЕЗУЛЬТАТІ ПОГІРШЕННЯ ОБЛІКУ  
ВІД ЗНИЖЕННЯ ЇЇ ЯКОСТІ

Дегтяр Я. Д., аспірант  
Карпалюк І. Т., професор, e-mail: [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)  
Донецька Т.С., доцент  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

В Україні в останній час значно зросли втрати електричної енергії. Хоча величина втрат не є постійною, і втрати змінюються як в межах сезону так і в межах року але є зміни й між роками. Втрати електричної енергії в електромережах у 2020 році зросли до 10,4%, що коштувало країні та споживачам десятки мільярдів гривень [1]. Хоча втрати в 2018 році становили 9,8%. Зрозуміло, що такі величини втрат свідчать про погіршення технічного стану енергетичної системи України. Зараз, безумовно, це є наслідком цілеспрямованого руйнування енергосистеми військовими атаками ворога. Але потрібно враховувати, що значні втрати електричної енергії характерні для слаборозвинутих країн. Статистичні дані свідчать, що Нігер має величину втрат 42%, Венесуела 36%, Гондурас 35% згідно із даними [<https://data.worldbank.org/indicator>]. Більшість авторів, вчених енергетиків вважають, що величина втрат пов'язана не з одним фактором а обов'язково із декількома факторами одночасно: технічним станом енергетичного обладнання, розвитком систем управління, часткою оновлення обладнання енергетичних систем, використання сучасних технологій в енергетичній сфері, низькою якістю електричної енергії. Але є ще один елемент, що також впливає на втрати, а саме це система обліку. Бо саме за показаннями системи обліку з'ясовується і кількість згенерованої енергії і кількість спожитої енергії. Що дозволяє провести порівняння кількості виробленої із такою за яку сплатив споживач. Електрична енергія має особливі властивості, скільки її було вироблено стільки її має бути спожито. І якщо в мережі з'являються втрати, то це в першу чергу невідповідність показань приладів обліку виробленої енергії і показань приладів споживачів. Від точності приладів обліку може залежати визначення величини втраченої енергії. Відповідно до норм що регламентують точність приладів обліку, записані різні фактори що змінюють точність показань приладів обліку. До них відносять фактори зовнішнього впливу, такі як: температура навколишнього середовища, вібрація, індукція зовнішнього магнітного поля, радіочастотні електромагнітні поля, кондуктивні завади і інші. І внутрішні: зміна напруги, зміна частоти, зворотня послідовність фаз, асиметрія напруги, гармонічні складники у колах напруги та струму, постійний струм та парні гармоніки у колі змінного струму, неперні гармоніки у колі змінного струму, субгармоніки у колі змінного струму.

Вимірювання якісних показників в електричній мережі крупного житлового району міста (на прикладі міста Харкова). Було виявлення різку зміну якісних показників електричної енергії, особливо після аварійних відключень. При відключенні споживачів для недопущення загасання мережі, якісні показники значно змінюються. В наслідок чого також виникає погіршення обліку, або навіть недооблік приладами обліку.

**Висновок:**

Одна із причин підвищення втрат в енергетичній системі – погіршення обліку електричної енергії внаслідок погіршення якості ЕЕ. Однією із причин такого погіршення, в тому числі є збільшення випадків несиметричних режимів в трифазних мережах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1 Наталія Гурковська Втрати електроенергії в українських мережах у 2020 році перевищили 10% <https://www.rbc.ua/rus/news/poteri-elektroenergii-ukrainskih-setyah-2020-1627646052.html>

## ОГЛЯД МЕТОДІВ ПОШУКУ МІСЦЬ ПОШКОДЖЕНЬ В КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЯХ

Джадан Р. С., магістр, e-mail: [r.djadan@gmail.com](mailto:r.djadan@gmail.com),

Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викладач Пазій В. Г.

Державний біотехнологічний університет

*Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій.* Кабельні лінії (КЛ) є важливою частиною інфраструктури електропостачання, яка забезпечує надійну передачу електроенергії від генераційних станцій до кінцевих споживачів. Проте, як і будь-яка інженерна система, кабельні мережі схильні до пошкоджень, що можуть виникати з різних причин, включаючи старіння матеріалів, механічні пошкодження, корозію або перевантаження. Швидке та точне визначення місць пошкоджень є критично важливим для оперативного відновлення електропостачання та зниження ризиків для безпеки.

*Мета досліджень.* Проаналізувати методи для визначення місць пошкоджень в кабельних лініях, визначити шляхи їх подальшого удосконалення.

*Основні матеріали досліджень.* Існує велика кількість різноманітних методів визначення місць пошкоджень на КЛ, що відрізняються як принципом організації так і вимогами до обладнання та точністю, яку може дати кожен з них.

Електричні методи, до яких належать метод рефлектометрії та метод мостових вимірювань є одними з найпоширеніших. Рефлектометрія включає в себе вимірювання та аналіз відбитих сигналів, створених спеціальними пристроями - рефлектометрами. Існують різноманітні типи рефлектометрії, включаючи імпульсну та частотну, кожен з яких має свої переваги для певних типів кабелів та пошкоджень. Мостові вимірювання використовуються для визначення місця земляного замикання або короткого замикання між жилами кабелю. Метод базується на вимірюванні опору кабельних жил та порівнянні отриманих значень з нормативними, що дозволяє локалізувати пошкодження.

Акустичний метод полягає у використанні звукових хвиль, які генеруються в момент виникнення пошкодження під час контрольованого пробного замикання. Спеціалізоване обладнання, таке як акустичні детектори, використовується для визначення місця виходу звукових хвиль на поверхню, що дозволяє локалізувати місце пошкодження.

Термографічні методи використовують інфрачервоні камери для визначення місць перегріву кабелів, які можуть свідчити і про наявність пошкоджень або початкових етапів їх формування. Цей метод ефективний для виявлення місць із підвищеним електричним опором, де можливе коротке замикання або пошкодження ізоляції.

Також можна виділити такі методи як вимірювання часу прольоту імпульсу (Time-Domain Reflectometry, TDR), електромагнітні методи, що базуються на вимірюванні змін в електромагнітному полі навколо кабеля, георадарні методи (Ground Penetrating Radar, GPR) тощо.

*Висновок.* Сучасні методи пошуку місць пошкоджень в кабельних лініях дозволяють виявляти несправності швидко і точно, мінімізуючи час відновлення електропостачання та знижуючи ризики для обладнання та безпеки. Вибір методу залежить від типу кабельної лінії, природи та локалізації пошкодження, а також від доступного обладнання та специфіки застосування. Сучасний напрям розвитку методів пошуку місць пошкоджень полягає не лише в удосконаленні окремих методик, але й у їх інтеграції з іншими інформаційними та діагностичними системами. Такий підхід дозволяє не тільки швидко реагувати на виникнення пошкоджень, але й прогнозувати ймовірність їх виникнення, оптимізуючи планування ремонтних робіт та підтримки інфраструктури.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Garton H., Jaspers C., Steev E., Winemiller H. Experimental fault-locating work on pipe-type cable / Garton H., Jaspers C., Steev E., Winemiller H. // Power Apparatus and Systems. – 2001. – №47.

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ  
МОНІТОРИНГУ УТВОРЕННЯ ОЖЕЛЕДІ НА ПЛ

Єрмак Д. А., аспірант, e-mail: [Golf9292ua@gmail.com](mailto:Golf9292ua@gmail.com)

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 даних, розрахунок прогнозних параметрів режиму плавлення ожеледі.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Білаш І. П. Задачі моніторингу повітряних ліній електропередавання в ожеледних районах / І. П. Білаш, О. А. Савченко, О. В. Пархоменко // Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Харків: ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2011. – вип. 117. – С.13-15
2. Черемісін М. М. Обґрунтування параметрів схем плавлення ожеледі на ПЛ 6–10 кВ розподільних електричних мереж на основі нечіткого моделювання / М. М. Черемісін, І. П. Білаш, О. А. Савченко // Енергетика та електрифікація. – 2010. – № 9. – С. 33– 37.



ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ PQVIEW ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Захватов М. Г., магістр, e-mail: [oceanalex@gmail.com](mailto:oceanalex@gmail.com)

Наукові керівники: доц. Козак О. В., доц. Гарасимчук І. Д.  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

PQView багатокomпонентне програмне забезпечення для побудови і аналізу баз даних, що містять інформацію про якість електроенергії, розроблене компанією Electrotek Concepts® і EPRI®. PQView об'єднує дані цифрових реле, цифрових аварійних реєстраторів, систем контролю якості електроенергії, інтелектуальних лічильників і SCADA систем у відкриту реляційну базу даних.

Модулі PQView Fault Analysis автоматично об'єднують записи даних з систем контролю якості електроенергії з даними SCADA систем, ГІС і топологією мережі для виявлення передбачуваного місця несправності і відправлення аварійного сигналу експлуатаційному персоналу, скорочуючи тим самим час виявлення таких місць в разі:

- скорочує час виявлення несправності;
- скорочує час для класифікації несправності;
- скорочує час усунення несправності.

Модулі PQView Report Writing створюють стандартизовані звіти або звіти залежно від переваг користувача. Модулі PQView Answer автоматично оцінюють стан і напрям перемикачів конденсатора, записують реактивні зміни потужності і напрям просідання напруги.

Складові елементи програмного забезпечення PQView відображені на рисунку 1.

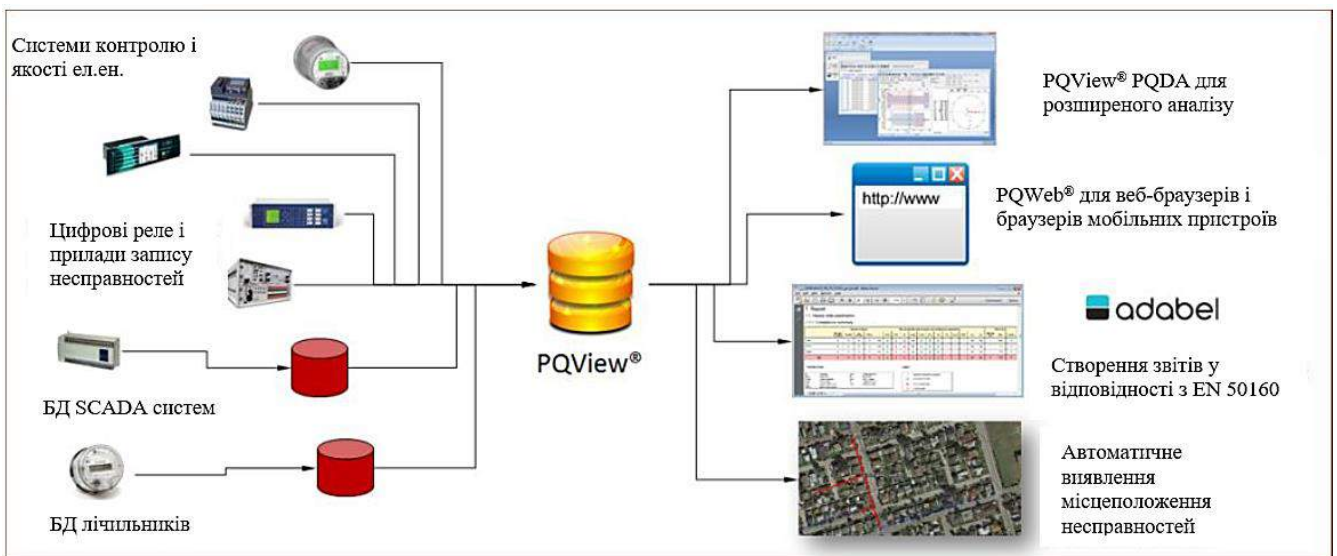


Рисунок 1 – Елементи, які входять і використовуються в PQView

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Жильцов А.В. Інженерія програмного забезпечення електроенергетичних об'єктів / А.В. Жильцов, М.М. Заблодський, Г.О. Мірських, В.В. Васюк, Т.С. Книжка, О.В. Козак, П.В. Потапський, М.В. Вусатий – К.: ФОП Янчинський О. В., 2021. – 502 с.

## АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ ПРОМИСЛОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ 35/10 КВ

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

Науковий керівник доц. Козак О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Архітектура інформаційно керуючої системи промислової підстанції 35/10 кВ базується на системі SCADA EcoStruxure™ Power Automation System Engineering (EPAS-E) (рис.1), центральним модулем даної системи є EcoStruxure Panel Server фірми Schneider Electric. Таке рішення підтримує розширені можливості системної інженерії, такі як управління простором імен та гнучке іменування продуктів, що дозволяє користувачам адаптувати стандартну модель даних IEC 61850 до власних потреб. EPAS також підтримує широкий спектр протоколів з мультиплатформним підключенням.

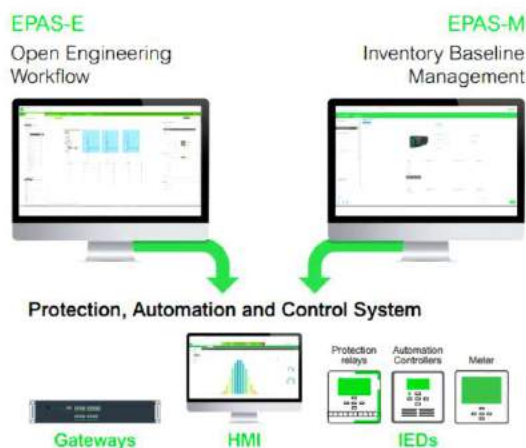


Рисунок 1 – Узагальнена структура EcoStruxure™ Power Automation System Engineering

EPAS вносить свій вклад як цифровий елемент систем захисту, автоматизації та управління для забезпечення більш автономного реагування в електричних системах і передачі великих обсягів оперативних даних в локальні або хмарні додатки на рівні підприємства завдяки наступним ключовим функціям:

- Комунікації SCADA/віддаленого центру управління (Шлюз);
- Графічне відображення та керування електричною системою в реальному часі (HMI);
- Блок керування відсіком/РТУ/контролер автоматизації;
- Управління життєвим циклом: світовий рівень Специфікація системи IEC 61850 та інженерні методи інженерні методи з автоматичною конфігурацією потоку даних, базовою лінією та управління запасами;
- Кібербезпека: безшовна інтеграція ключових функцій безпеки з кібербезпекою Платформа додатків (IDS, безпека Віддалений доступ, авторизація / проксі проксі-аутентифікація, інформаційні панелі безпеки) та послуги з управління виправленнями.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ IEC/TS 62351-3:201. Керування енергосистемами та відповідний інформаційний обмін. безпека даних та зв'язку. Частина 3. Безпека зв'язку мережі та системи. Профілі, що охоплюють TCP/IP.
2. PowerLogic™ Electrical network management Energy management, revenue metering and power quality monitoring.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВАГ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ РЕЛЕЙНИХ ЗАХИСТІВ

Кравцова Д. С., бакалавр, e-mail: [deadfox1996di@gmail.com](mailto:deadfox1996di@gmail.com),

Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викл. Пазій В. Г.

Державний біотехнологічний університет

У сучасному енергетичному секторі безпека та надійність електропередачі є ключовими факторами, які забезпечують стабільність роботи всієї енергетичної системи. Мікропроцесорні релейні захисти (МРЗ) відіграють вирішальну роль у захисті електромереж від перевантажень, коротких замикань та інших аварійних ситуацій. Тому аналіз їх основних переваг порівняно з традиційними захистами, що виконані на електромеханічних реле є досить актуальним. Сучасні МРЗ мають ряд переваг над електромеханічними релейними захистами, зокрема:

*Висока точність та швидкість реагування.* Однією з ключових переваг мікропроцесорних релейних захистів є їх здатність до швидкого та точного реагування на аварійні ситуації в електромережі. МРЗ використовують алгоритми обробки сигналів, що дозволяють ідентифікувати та аналізувати параметри електричного кола з високою точністю.

*Гнучкість налаштування.* МРЗ мають великі можливості для налаштування параметрів захисту та адаптації до конкретних умов експлуатації. Вони можуть бути програмовані для виконання різних функцій захисту, моніторингу та управління, що дозволяє індивідуально налаштовувати захисні схеми для кожної частини електромережі. Це підвищує ефективність захисту та оптимізує експлуатаційні процеси.

*Інтеграція та комунікація.* Сучасні МРЗ забезпечують високий рівень інтеграції з іншими системами управління та моніторингу електромережі. Вони підтримують стандартні протоколи зв'язку, що дозволяє обмінюватися даними з SCADA-системами, системами автоматизованого управління та іншими захисними пристроями. Це забезпечує централізований моніторинг стану мережі та ефективне управління аварійними ситуаціями.

*Економія та ефективність.* Мікропроцесорні релейні захисти значно знижують експлуатаційні витрати порівняно з традиційними системами. Завдяки своїй високій надійності та тривалому терміну служби, вони потребують менше обслуговування. Крім того, точність роботи МРЗ дозволяє уникнути непотрібних відключень обладнання, що сприяє збереженню енергії та зниженню втрат у системі передачі.

*Підвищення якості електроенергії.* МРЗ відіграють важливу роль у підтриманні та контролі якості електроенергії. Завдяки їх здатності до швидкого виявлення та локалізації нештатних ситуацій, зменшується кількість аварійних перерв у подачі електроенергії. Це сприяє стабільності напруги та частоти в електромережі, що є важливим для забезпечення якісного електропостачання споживачів.

*Забезпечення безпеки персоналу.* Використання мікропроцесорних релейних захистів також підвищує безпеку персоналу, який займається обслуговуванням та ремонтом електромереж. Автоматизація процесів контролю та захисту зменшує необхідність безпосереднього контакту з потенційно небезпечним обладнанням, знижуючи ризик електротравм та інших нещасних випадків на робочому місці.

*Висновок.* Мікропроцесорні релейні захисти представляють собою передову технологію, яка значно підвищує надійність, безпеку, економічність та ефективність енергетичних систем. Їхня гнучкість, швидкість та точність реагування, а також можливості інтеграції та комунікації з іншими системами, роблять їх незамінними елементами в сучасних енергомережах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гуревич В. І. Актуальні проблеми сучасних тенденцій розвитку релейного захисту і автоматики систем електропостачання / В. І. Гуревич, П. І. Савченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. - 2013. - Вип. 141. - С. 47-48.

Одним з відомих шляхів зменшення втрат електричної енергії є компенсація реактивної потужності. Теоретичні аспекти цієї задачі знайшли достатнє освітлення в науковій і навчальній літературі. Значна складність електроенергетичних систем з одного боку, та постійний розвиток й удосконалення методів та пристроїв компенсації, з іншого, зумовлюють продовження пошуків кращого (а сьогодні вже часто застосовується визначення «оптимального») розв'язання задачі компенсації.

Огляд літературних джерел щодо проблеми компенсації РП показує що застосовуються наступні підходи до вирішення завдання компенсації у розподільних мережах. Першочергово беруться до уваги: нормативні документи оцінка ефективності інвестицій, тарифи на активну електроенергію, плата за перетікання схема системи розподілу електричної енергії, параметри елементів схеми, параметри режиму схеми (графіки споживання активної напруги). Дослідники сходяться в оцінці, що немає універсального розв'язання проблеми вибору джерел для компенсації. Все залежить від обраної схеми електропостачання, технічних характеристик джерел, обмежень щодо генерування РП синхронними двигунами досліджуючи завдання компенсації у розподільних мережах автори зазначають, що максимального ефекту можна досягти, оптимізуючи розміщення та параметри джерел з урахуванням зміни характеру електроспоживання, а також режимів розподільної мережі.

Постановка задач розподілу у сучасних умовах ускладнюється, розмірність задач збільшується, що часто призводить до неефективності класичних підходів. Результат рішення задачі залежить від досліджуваної схеми електропостачання, технічних характеристик джерел, обмежень щодо генерування синхронними двигунами, вартості електроенергії та вартості конденсаторних установок. У кожному конкретному випадку оптимальний варіант компенсації буде різним.

Серед методів отримання розв'язання оптимізаційної задачі перетікання у розподільній мережі, зокрема пошуку мінімуму дисконтованих приведених витрат, набули поширення метод невизначених множників Лагранжа та застосування генетичних алгоритмів. Першочергово беруться до уваги: нормативні документи (оцінка ефективності інвестицій, тарифи на активну електроенергію, плата за перетікання); схема системи розподілу електричної енергії, параметри елементів схеми, параметри режиму схеми (графіки споживання активної та, клас напруги тощо). Визначаються наявні і можливі для встановлення джерела реактивної потужності: синхронні двигуни в режимі перезбудження, синхронні конденсатори, нерегульовані чи регульовані конденсаторні батареї, статичні тиристорні конденсатори, компенсаційні перетворювачі на базі пристроїв силової електроніки. Обирається вид регулювання джерел.

Ручне регулювання реалізується черговим персоналом. Автоматичне регулювання: регулятори потужності конденсаторних батарей чи збудження синхронних конденсаторів, мікропроцесорні перетворювачі, контролери, регулятори. Визначаються і розраховуються параметри і режими роботи схем компенсації. Все залежить від обраної схеми електропостачання, технічних характеристик джерел, обмежень щодо генерування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Економічний ефект від застосування автоматичної конденсаторної установки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://extreme-ltd.com.ua/ekonomicheskij-effekt-ot-vnedreniya-avtomaticheskoy-kondensatornoy-ustanovki>.



DEVELOPMENT OF METHODS TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF ENERGY  
MANAGEMENT FOR BIOTECHNOLOGY SYSTEMS

Levkin D., Candidate of Engineering Science, Associate Professor,  
Associate Professor of the Department of Physics and Mathematics,  
e-mail: [dimalevkin23@gmail.com](mailto:dimalevkin23@gmail.com)

Kotko Ya., Candidate of Economic Sciences,  
Senior Lecturer of the Department of Economics and Business,  
e-mail: [kotkoyana@ukr.net](mailto:kotkoyana@ukr.net)  
State Biotechnological University

To improve the accuracy of energy management during the biotechnological process of laser embryo division, it is necessary to propose correct applied optimization mathematical models for finding local extremes of the temperature field. To justify the choice of thermal modes of laser action on the embryo during the development and implementation of boundary value problems with differential equations of thermal conductivity describing the state of the modeled system (embryo – source of laser action), it is necessary to consider the three-layer structure of the embryo, microscopic irregularities (microvilli) on the outer shell, and technical characteristics of laser emitters. It should be noted that an increase in the detail of the research object (embryo under laser action) during the implementation of computational and applied optimization mathematical models will complicate the calculation of the laser temperature and the search process of optimizing the time and power of laser action on the embryo. Using methods from the theory of pseudo-differential operators in the space of slowly increasing generalized functions, the authors substantiate the correctness of boundary value problems with systems of differential heat conduction equations modeling the state of an embryo under laser action. This guarantees the correctness not only of the above computational mathematical models, but also of a number of other computational mathematical models for many technical and biotechnological systems containing local, concentrated sources of thermal load [1, 2]. In addition, the research results were used to determine the conditions for the correctness of applied optimization mathematical models and the general optimization problem of finding the optimal values of power and time of laser exposure to embryos in order to improve the accuracy of energy management of these biotechnological systems by reducing embryo injury during laser fission [3].

By considering these features of the calculation and applied optimization mathematical models, a reasonable choice of methods was made to implement the search process of optimizing local extremes of the temperature field and ensuring energy management. To optimize the main parameters of laser emitters, the authors proposed a grid approach with discretization of the power and time of laser exposure to the embryo, which made it possible to obtain optimal values of these parameters. It should be noted that the research results can be used to improve the efficiency of energy management not only for technical and biotechnological systems containing thermal load sources, but also for other complex systems by increasing the accuracy of solving applied optimization problems for modeling processes in biotechnology, medicine, ophthalmology and metallurgy.

## REFERENCES

1. Pavlichkov S. A finite-time small-gain theorem for infinite networks and its applications. *In: Proc. 2018 IEEE Conference on Decision and Control (CDC)*. (Miami Beach, FL, USA, December 17-19, 2018). USA, 2018. Pp. 700–705. <https://doi.org/10.1109/CDC.2018.8619208>
2. Horodets'kyi V., Petryshyn R., Martynyuk O. Evolutionary pseudodifferential equations with smooth symbols in the  $S$ -type spaces. *Ukrains'kyi Matematychnyi Zhurnal*. 2023. Vol. 75. No. 6. Pp. 753–776. doi:10.37863/umzh.v75i6.7443
3. Levkin D. Doslidzhennia umov korektnosti kraiovykh zadach dlia bahatosharovoho biotekhnolohichnoho seredovyshcha. *Measuring and computing devices in technological processes*. Khmelnytskyi, 2023. Issue. 1. Pp. 101–105. <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-73-1-14>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ  
ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВОВОГО ГОСПОДАРСТВА АПК УКРАЇНИ У СУЧАСНИХ  
УМОВАХ ЖИТТЯ

Левченко О. П., аспірант, e-mail: [levchenko17101984@gmail.com](mailto:levchenko17101984@gmail.com)

Семчишина Ю. О., магістр, e-mail: [juliawork0202@gmail.com](mailto:juliawork0202@gmail.com)

Науковий керівник доц. Жорняк Л. Б.

Національний університет «Запорізька політехніка»

Енергопостачання сільськогосподарських підприємств характеризується рядом суттєвих проблем, вирішення яких є актуальним завданням протягом десятиліть. Характерні проблеми широко відомі та розглянуті в науковій та навчальній літературі: це розподіл сільськогосподарських об'єктів на великій території, віддаленість їх від центральних підстанцій, трапляються випадки віддаленості від автодорожньої мережі, що ускладнює доступ для оперативних бригад у разі виникнення аварій, високий ступінь зносу і навіть пошкодження обладнання підстанцій та повітряних ліній [1, 2]. Разом з цим, переоснащення парку технологічного обладнання сільськогосподарських підприємств викликає необхідність по-новому поглянути на якість енергопостачання – мікропроцесорна техніка, що використовується в сучасному аграрному виробництві, пред'являє найвищі вимоги до надійності енергопостачання. Також не втрачає своєї актуальності питання, пов'язане з аварійними режимами в системі енергопостачання, що тягнуть за собою мільйонні збитки від псування продукції внаслідок припинення технологічного процесу.

Якщо говорити про побутових споживачів (населення), то перебої у енергопостачанні викликають, здебільшого, дискомфорт, а у разі перерви в енергопостачанні підприємств (у тому числі сільськогосподарських) це викликає набагато серйозніші наслідки, пов'язані з псуванням і недовипуском продукції та мільйонними збитками.

Для своєчасного запобігання аварійним режимам у мережах енергопостачання в облэнерго України вже було впроваджено систему дистанційного моніторингу робочого стану мережі, проте вона характерна насамперед для трансформаторних підстанцій (ТП) класу 35/10 кВ та вище [2], а ТП 6(10)/0,4 кВ майже не мають систем дистанційного моніторингу та обслуговуються за фактом виникнення аварійного режиму. Ситуація також обтяжується тим фактом, що обладнання підстанцій характеризується високим ступенем зношування, а зношення має тенденцію наростати з кожним роком, що, відповідно, означає, що ситуація з кожним роком погіршуватиметься. Реальні витрати на експлуатаційні та відновлювальні роботи розподільчих електричних мереж України в 2-3 рази нижчі від потреб. У зв'язку з цим зазначені роботи у розподільчих електричних мережах виконуються з відступами від нормативних регламентів, що призводить до ще більшої кількості мереж, які перебувають у незадовільному технічному стані, а також до прискореного їхнього зносу [1, 2].

Показники надійності електропостачання споживачів, яких заживлено від розподільчих електричних мереж, через зазначені вище обставини, залишаються на низькому рівні. Питома кількість аварійних відключень на 100 км останніми роками спостерігається на високовольтних лініях (ВЛ) 6(10) кВ і становить в середньому лише на рівні 13 відкл./100 км. Причому незадовільні погодні умови призводять до 35% відключень від усіх аварійних відключень у розподільчих електричних мережах. Крім того, теперішній середній показник тривалості відключень одного споживача для сільських населених пунктів (індекс SAIDI) в Україні становить 634 хвилин, хоча ще кілька років тому він складав близько 1000 хв. [2].

Як вважають спеціалісти та розробники сучасного мережевого обладнання [2, 3], існує таке дієве рішення, яке в нинішній економічній ситуації могло б найближчим часом підвищити працездатність розподільчих електричних мереж та надійність електропостачання споживачів. Це має бути часткова модернізація ліній електропередавання та розподільчих пристроїв підстанцій шляхом широкого впровадження інтелектуальних багатофункціональних апаратних засобів, до яких належать реклоузери або пункти секціонування мережеві (ПСМ) –

це комплектні пристрої зовнішньої установки, що розміщується на опорах повітряних ЛЕП та призначені для дистанційної комутації (див. рис. 1, б).

Реклоузери мають функції дистанційного керування та зміни конфігурації електричної мережі (ручної або автоматичної), які необхідні для виявлення аварійної ситуації та відключення ділянки мережі, а також для подальшого повторного включення кола. Отже ключові функції реклоузера: автоматичне повторне включення (АПВ), струмове відсікання (СВ), максимальний струмовий захист (МТЗ). Також в залежності від виконання реклоузера (ПСМ) можуть бути додатково реалізовані наступні функції: автоматичне включення резерву (АВР); захист мінімальної напруги (ЗМН); захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ); захист від перевищення напруги (ЗПН); захист від обриву фаз (ЗОФ); автоматичне частотне розвантаження (АЧР).

На вітчизняному ринку представлені ПСС та реклоузери таких фірм, як E.NEXT (Electrical Newest Exclusive Extended Technologies) та Таврида Електрик Україна [2, 3].



а



б

Рисунок 1 – Приклад застосування реклоузерів виробництва E.NEXT (а) в мережах енергопостачання 6(10) кВ АТ «Полтаваобленерго» у 2020 р. (б)

Функціональні можливості реклоузерів дозволяють групою пристроїв улаштувати повноцінний захист ділянки повітряної лінії (ПЛ) електропередавання, а саме:

- відокремлення пошкодженої ділянки, та збереження живлення на не ушкодженій ділянці за рахунок часо-струмових уставок;
- забезпечити дотримання номінальних параметрів мережі за напругою, частотою;
- обмежити перетікання потужності понад нормовану величину у автоматичному режимі без втручання людини в процес відновлення режиму після ліквідації аварії;
- пружинний механізм приводу (ввімкнення, вимкнення під напругою оперативною штангою);
- вимірювання струму – трансформаторами струму;
- підвищений рівень ізоляції;
- відкрите розташування полюсів – відсутність ризиків дугового розряду в корпусі;
- ремонтпридатність.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. <https://www.unidata.com.au/application-notes/power-utility-remote-recloser-management/>
2. [http://tavrida-ua.com/articles/vnedrenie\\_noveyshih\\_sredstv\\_avtomatizatsii\\_-\\_edinstvenno\\_opravdannaya\\_mera\\_povysheniya\\_nadezhnosti\\_raboty\\_elektrosetevogo\\_hozyaystva\\_ukrainy\\_v\\_segodnyashnih\\_usloviyah.html](http://tavrida-ua.com/articles/vnedrenie_noveyshih_sredstv_avtomatizatsii_-_edinstvenno_opravdannaya_mera_povysheniya_nadezhnosti_raboty_elektrosetevogo_hozyaystva_ukrainy_v_segodnyashnih_usloviyah.html)
3. International electrotechnical group E.NEXT (enext.com)

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

Леденьов А. В., магістр, e-mail: [ledeniov@ukr.net](mailto:ledeniov@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 по зменшенню 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 коштів. У зв'язку з цим, на перший план виходять малозатратні заходи, зокрема 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 впливає, 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. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання: СОУ-Н ЕЕ 40. 1-37471933-54:2011. Офіц. вид. – К.: ГРІФРЕ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2011. V – 56 с.
2. Втрати електроенергії в розподільних електричних мережах. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://ua-referat.com/Втрати\\_електроенергії\\_в\\_розподільних\\_електричних\\_мережах](http://ua-referat.com/Втрати_електроенергії_в_розподільних_електричних_мережах)



## ВПЛИВ ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРИЧНИХ СПОЖИВАЧІВ МЕДИЧНИХ УСТАНОВ

Логвін В. В., аспірант  
Карпалюк І. Т., професор, e-mail [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)  
Донецька Т.С., доцент  
Науковий керівник проф. Гриб О. Г.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

Розглядається питання зміни нормальних режимів роботи електричних споживачів в медичних закладах. Причинами такої зміни роботи є погіршення якості електропостачання в електричній мережі України. Розглядаючи електричне обладнання медичних закладів, його можна згрупувати на декілька груп за призначенням, за відповідальністю, за енергоспоживанням і інше. Так було виділено медичні прилади, робота яких безпосередньо впливає на здоров'я людини. Такі прилади мають свої особливості електроспоживання. Перша група приладів – вони працюють в режимі спостереження і мають бути підключені до електрики весь час 24 години на добу 7 днів на тиждень. Їх споживання енергії не є незначним. Але майже всі такі прилади було вироблено закордоном і вони розроблялися на якість електропостачання значно вищу аніж в мережі України. Друга група приладів – вони мають дуже глибокі характеристики споживання. Наприклад до таких приладів відносяться прискорювачі електронів, комп'ютер томограф і інші. Вони мають декілька режимів роботи, а відповідно і споживання електричної енергії. Наприклад самі прискорювачі є джерелом різних параметрів неякості електричної енергії, і до того ж вони дуже чутливі до наявності пульсацій, гармонічних складових. Підключення до електричної мережі таких приладів потребує додаткових дій. По-перше забезпечення безперебійності електропостачання як для першої категорії електроспоживачів, навіть якщо сама установа не живилася за такою категорією. А це і виконання додаткових введів за рахунок схемних рішень і встановлення джерел безперебійного живлення і джерел резервного живлення таких як бензинові генератори. При налагодженні таких приладів в медичних закладах були виявлені проблеми періодичного вимикання і навіть повного відключення комп'ютерних томографів в медичних закладах. Попри те, що були виконані проекти по під'єднанню до електричної мережі таких коштовних приладів, вони не виходили на нормальний режим роботи. При проведенні аналізу, не було виявлено порушення схеми. З точки зору потужності всі роботи було виконано у відповідності до проекту: обрано відповідний переріз кабелю, кабель закладено у кабель каналах, облаштовано роз'єднувальні коробки, облаштовано електрощитову, обрано відповідні до потужності апарати захисту. Але попри всього цього високотехнологічні медичні апарати працювали із перебоями. Консультаційною групою було прийняте рішення про проведення замірів якісних показників в силовій мережі, до якої було під'єднано медичний заклад. При виконанні замірів якості електричної енергії було визначено, що якісні параметри електричної енергії не відповідають вимогам виробника медичного приладу.

Висновок: для підключення відповідальних медичних приладів необхідно проводити заміри якісних параметрів електричної енергії в мережі, і виконувати дії по покращенню якісних показників електричної енергії, що мають включати зміну схемних рішень і встановлення відповідних вимірювальних приладів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 Кибербезопасность и качество электрической энергии в системах медицинских объектов – Учебное пособие/ Е. И. Сокол, О.Г. Гриб, В.П. Старенький, і інші (Під загальною редакцією член-кореспондента НАН України, доктора технічних наук, професора Сокола Є.І.). – Харків: ФОП Панов О.М., 2018. – 259 с.



## АНАЛІЗ ЗАХОДІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМАХ

Логвиненко Н. В. студент 32 гр. Е, e-mail: [nazarlogvinenko2@gmail.com](mailto:nazarlogvinenko2@gmail.com)

Науковий керівник ст. викл. Попадченко С. А.

Державний біотехнологічний університет

Різке загострення проблеми втрат електроенергії в електричних мережах вимагає активного пошуку нових шляхів її вирішення, нових підходів до вибору відповідних заходів, головне, до організації роботи із зниження втрат. Проблема компенсації реактивної потужності в електричних системах має велике значення з таких причин: 1) у промисловому виробництві спостерігається випереджаюче зростання споживання реактивної потужності порівняно з активною; 2) у міських електричних мережах зросло споживання реактивної потужності, зумовлене зростанням побутових навантажень із споживанням реактивного струму; 3) збільшується споживання реактивної потужності в електричних мережах.

Заходи, що проводяться з компенсації реактивної потужності електроустановок споживачів, що експлуатуються або проектується, можуть бути розділені на наступні дві групи: 1) не вимагають застосування компенсуючих пристроїв; 2) пов'язані із застосуванням компенсуючих пристроїв.

Заходи першої групи меншозатратні, потребують: упорядкування технологічного процесу, що веде до підвищення  $\cos \phi$ ; перемикання статорних обмоток асинхронних двигунів напругою до 1000 з трикутника на зірку, якщо їх завантаження становить менше 40%; усунення режиму роботи асинхронних двигунів (АД) без навантаження шляхом встановлення обмежувачів холостого ходу; заміна, перестановка та відключення трансформаторів, що завантажуються в середньому менш ніж на 30 % від їх номінальної потужності; заміна мало завантажених двигунів двигунами меншої потужності за умови, що вилучення надлишкової потужності спричиняє зменшення сумарних втрат активної енергії в енергосистемі та в самому двигуні; заміна, де це можливо з техніко-економічних міркувань, АТ синхронними двигунами тієї ж потужності та їх застосування для всіх нових установок електроприводу; регулювання напруги, що підводиться до електродвигунів із частотним керуванням; підвищення якості ремонту двигунів із збереженням їх номінальних даних; застосування перетворювачів з великою кількістю фаз випрямлення та послідовним, несиметричним управлінням роботою; застосування спеціальних перетворювальних систем зі штучною комутацією вентилів. Заходи, пов'язані із застосуванням компенсуючих пристроїв: встановлення статичних конденсаторів; використання синхронних двигунів як компенсатори; застосування статичних джерел реактивної потужності; застосування систем компенсації, що складаються з кількох перерахованих пристроїв, працюючих паралельно.

Для застосування пристроїв компенсації реактивної потужності необхідно попередньо ретельно здійснити техніко-економічний аналіз у зв'язку з високою вартістю та достатньою складністю цих пристроїв. За наявності швидких та різко змінних навантажень перспективно застосування статичних конденсаторів реактивної потужності, що забезпечують практичну можливість безінерційного регулювання реактивної потужності.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Маляренко В. А. Економія електроенергії і зниження втрат в електричних мережах/ В. А. Маляренко В. А. , І. Є. Щербак, І. Д. Колотило// Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2012. №8 (102). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomiya-elektroenergiyi-i-znizhennya-vtrat-v-elektrichnih-merezhah> (дата обращения: 20.03.2024).
2. Овчаров С. В. Исследование потерь активной мощности в асинхронном электродвигателе / С. В. Овчаров, Р. В. Телюта // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – Вип. 86: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – С. 53-57.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ  
РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІМаляр В. О., магістр, e-mail: [maliar@ukr.net](mailto:maliar@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. 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. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання: СОУ-Н ЕЕ 40. 1-37471933-54:2011. Офіц. вид. – К.: ГРІФРЕ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2011. V – 56 с.

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ  
ЕЛЕКТРИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Михайловський О. В., магістр, e-mail: [duman.alexandr@gmail.com](mailto:duman.alexandr@gmail.com)

Наукові керівник доц. Думанський О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

На споживання енергоресурсів міським електротранспортом за всіма напрямками їх витрат впливає сукупність багатьох чинників, що залежать як від енергетичних характеристик тих пристроїв, що є складовими енергоспоживання, так і від умов їхньої експлуатації (відсоток навантаження, режим роботи тощо).

В області основного напрямку підвищення енергетичної ефективності електротранспортного засобу впливають такі найбільші фактори:

- 1) оптимізація режимів руху трамваїв і тролейбусів по енерговитратах;
- 2) зниження технологічних витрат на простій і пробіг трамваїв і тролейбусів резервом, нульові пробіги;
- 3) підвищення коефіцієнта використання потужності електроприводів трамваїв і тролейбусів;
- 4) поліпшення технічного стану рухомого складу трамваїв і тролейбусів;
- 5) підвищення обсягу енергії рекуперації при одночасному поліпшенні якості та ефективного її використанні;
- 6) підвищення ККД трамваїв і тролейбусів, зменшення енергомісткості, зменшення питомого опору руху;
- 7) застосування безстикової колії, застосування лубрикації.

Таким чином, зменшення витрат електричної енергії на об'єм здійснених перевезень пасажирів є однією з головних задач господарств електричного транспорту.

Для міського електричного транспорту енергетичні ресурси мають особливе значення, оскільки забезпечують рух транспортних засобів та перевезення пасажирів. Основу енергетичних ресурсів міського електротранспорту становить електрична енергія, яка до 90...95 % споживається для пасажирських перевезень (на тягу) і 5-10 % на внутрішні технологічні потреби транспортних підприємств [1].

Першочерговими завданнями у сфері споживання енергоресурсів є розробка системи показників, характеристик, норм; оцінка енергетичної ефективності (енергоємності, енергетичного еквіваленту). Пряма економія енергетичних ресурсів визначається економією за рахунок зменшення витрат енергії на всіх ступенях виробництва, перетворення і використання, вдосконалення організації та управління виробництвом, оптимізації режимів руху, тролейбусів і вагонів, застарілого обладнання досконалішим у енергетичному відношенні. Непряма ж економія енергоресурсів досягається шляхом підвищення якості продукції, зменшення її матеріалоемності, використання нових матеріалів, сировини [2].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Левковець П.Р., Гедз Ю.М., Канарчук О.В., Кришан Г.Л., Сендак М.Д. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії / За ред. П.Р.Левковця. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.
2. В. Х. Далека, О. С. Гордієнко, Д. О. Личов. Математичні методи і моделі оптимізації виробничих програм підприємств міського електротранспорту в проектах ресурсозбереження // Коммунальное хоз-во городов: Научн.-техн. сб.: Выпуск 79. – К.: Техніка. 2007. – С. 299 – 305.

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. Бодяньський Є. В. Короткострокове прогнозування споживання електроенергії на основі штучної багатоварової нейро-фаззі мережі / Є. В. Бодяньський, С. В. Попов, Т. В. Рибальченко, Н. Н. Титов // Енергетика та електрифікація, 2008, №9. – С. 37–43.

Видобуток корисних копалин вимагає раціонального споживання електричної енергії, що безпосереднє впливає на енергоефективність відповідного підприємства.

Аналіз наукових доробок свідчить про необхідність вираховування особливостей електроспоживання. За останні роки видобувні підприємства України переживають процес падіння продуктивності, що в першу чергу пов'язано з ускладненням умов добутку корисних копалин. Це продукує необхідність застосування інтенсивного електроспоживання. Треба підкреслити, що електроспоживання суттєво впливає на вартісно-цільові показники споживання електричної енергії. Внаслідок цього, велике значення має відстеження в цифровій формі електроспоживання, що можливо впроваджувати шляхом математичного моделювання при наявності широкого застосування ІТ технологій [1].

Інвестиційна діяльність в Україні в умовах ринкових відносин вимагає застосування сучасних методів моделювання, в основі яких лежить цифрова економіка. Одним з важливих питань є дослідження впливу інвестиційних вкладів на вартісно-цільові показники електроспоживання підприємствами.

Математичне моделювання дає можливість чисельно з'ясувати вплив величини суми інвестиційних вкладів на вартість електроспоживання відповідним підприємством [2]. В процесі дослідження була запропонована методика щодо визначення оптимальної величини суми інвестицій, при якій середньодобове споживання електроенергії має найбільшу величину. Передбачено визначення кількісних показників щодо середньодобової вартості споживання електроенергії на відповідному підприємстві й сумарна середньодобова вартість споживання електроенергії за визначений період часу. Отримані значення кореляційних взаємозв'язків між загальною середньодобовою вартістю споживання електроенергії і вкладених сум інвестицій відповідних часових проміжків, а також апроксимація отриманих вартісно-цільових значень показників споживання електроенергії [3].

Досліджено три варіанта оптимізації вартісних показників споживання електроенергії в залежності від величини сум вкладених інвестицій: перший випадок передбачає оптимізацію суми вкладених інвестицій шляхом максимізації середньодобового споживання електроенергії; другий випадок - оптимізація щодо суми вкладених інвестицій шляхом мінімізації середньодобової вартості споживання електроенергії; третій випадок - оптимізація щодо суми вкладених інвестицій шляхом мінімізації середньодобової питомої вартості споживання електроенергії. Питання щодо вибору відповідного варіанту то слід зазначити, що прийняття рішень зостається за управлінцями з енергоменеджменту. Запропонована методика надає інструментарій управлінцям щодо оцінювання вартості електроспоживання промисловим підприємством від величини суми інвестиційних вкладів й може бути рекомендована до застосування при аналітичному аналізі функціонування підприємства.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Хаустова В. Є. Промислова політика в Україні: формування та прогнозування : монографія. Харків : ВД «ІНЖЕК», 2015. 384 с.
2. Лаврінченко Н. М., Латинін С. М., Фортуна В. В., Бескровний О. І. Основи економіко-математичного моделювання. Львів: «Магнолія 2006», 2010. 540 с.
3. T. Beridze, Z. Baranik, S. Tkachenko, N. Kutova, O. Korolenko (2023). Investment principles in value-target processes of electricity consumption at iron ore enterprises. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. № 6, pp. 169-175.



## ПРОБЛЕМИ ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕРЕЖІ МЕГАПОЛІСА

Пишний О. В., аспірант

Карпалюк І. Т., професор, e-mail: [humpway@gmail.com](mailto:humpway@gmail.com)

Донецька Т.С., доцент

Науковий керівник проф. Гриб О. Г.

*Національний технічний університет*

«Харківський політехнічний інститут», м. Харків

За даними національного статистичного управління споживання електричної енергії в Україні населенням (побутовий сектор) становить понад 40%. А якщо прийняти до уваги, що населення в Україні здебільшого мешкає в містах. І до споживання населення додати споживання електричної енергії в містах іншими споживачами, такими як електричний транспорт, торгівля, виробництво, адміністративні і інші. Тоді виходить, що в теперішній час міське споживання для електричної мережі України становить дуже значний відсоток. Міські споживачі найбільш чутливі до якості електричної енергії. Бо саме в містах розташовані медичні заклади, об'єкти суспільного користування, мережеві центри зв'язку, банківські установи – ці всі об'єкти є вкрай чутливими до змін якісних показників електричної енергії. За нормальних умов експлуатації енергетичної системи, підтримання якісних показників дотримується за рахунок спеціального технологічного обладнання і процесом керування мережею. То під час руйнівних дій, обстрілів енергетичних вузлів, управління мережею здебільшого направлене на підтримання працездатності мережі, недопущення загасання і на якісні показники вже звертається увага за залишковою ознакою. Сама система електропостачання в містах історично мала поступовий розвиток. В більшості випадків для електропостачання міст використовуються мережі закладені в різні часи. Так інколи в експлуатації залишаються обладнання і прилади які були створені навіть в різні епохи. Так в електроенергетичній системі міста Харкова в наявності є кабелі, що вже використовуються понад 90 років. Самі схемні рішення також мали поступовий приріст, тому можливі системи електропостачання з різною напругою, наприклад, для живлення одного підприємства можуть використовуватися як 6кВ так 10кВ одночасно. Тому і підтримання якісних показників не було основною метою для таких електричних систем. Теперішні вимоги до електричної системи включають певний рівень якісних показників. І основним погіршувачем якості електричної енергії є споживач. Для міст ця вимога має особливу умову, бо споживачі мають географічно щільне розташування. До того ж споживачі використовують зараз електричні прилади із різкозмінною характеристикою споживання. І за таких умов підтримання якісних показників є дуже не простим завданням. Одним із способів покращення якості електричної енергії є використання локальних приладів контролю і підтримання якості електричної енергії. Наприклад, населення самостійно купляє і встановлює прилади які обмежують величину напруги «Бар'єр». І це робиться тому, що саме від підвищення напруги страждає найбільша кількість електроприладів. Дуже очевидний прояв неякості електричної енергії. Найпомітніші результати саме від підвищення напруги (короткочасного підвищення напруги) руйнування електричних приладів. Є і інші показники якості, але їх дія не така помітна і може мати відкладену дію.

**Висновок.** Пропонується систематизувати використання додаткових локальних приладів і системи покращення якісних показників електричної енергії для кінцевого споживача.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1 Несинусоїдальні і несиметричні режими в електроенергетичних системах / Є. І. Сокол, Г. А. Сендерович, О.Г. Гриб, Т.С. Донецька, А. О. Запорожець, В. В. Скопенко, І. Т. Карпалюк, Д. А. Гапон, О. Ю. Заковоротний, В. Є. Кривонос, В. П. Старенький, Н. С. Захаренко, О. В. Лука, С. С. Козлов – Харків: ФОП Бровін О.В., 2021. – 202 с.

## АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

Полиєнко А. О., магістр, e-mail: [polienko.artem2848@gmail.com](mailto:polienko.artem2848@gmail.com),

Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викл. Пазій В. Г.

Державний біотехнологічний університет

*Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій.* Розподільчі електричні мережі є ключовим елементом інфраструктури будь-якої країни, забезпечуючи передачу електроенергії від великих об'єктів генерації до кінцевих споживачів. Надійність цих мереж визначає стабільність електропостачання та безперебійність роботи критично важливих секторів економіки та життя громадян.

*Мета досліджень.* Проаналізувати існуючі способи та методи підвищення надійності розподільних електричних мереж та визначити шляхи їх подальшого удосконалення.

*Основні матеріали досліджень.* В результаті проведеного аналізу можна виділити кілька напрямків, що дозволяють підвищити надійність розподільних електричних мереж.

Один з основних шляхів підвищення надійності — це модернізація застарілого обладнання, заміна старих кабелів, трансформаторів, вимикачів на сучасні аналоги з вищими експлуатаційними характеристиками, що дозволяє значно зменшити ймовірність аварій та поломок.

Автоматизація процесів управління та моніторингу мережі дозволяє оперативно виявляти та усувати несправності, мінімізуючи час відновлення електропостачання. Системи SCADA та інші інтелектуальні системи управління забезпечують збір, обробку та аналіз даних про стан мережі в реальному часі.

Розвиток концепції "Smart Grid" передбачає інтеграцію цифрових технологій, що дозволяють покращити ефективність, надійність, економічність та стійкість мережі. Інтелектуальні мережі здатні самостійно адаптуватися до змін навантаження, оптимізувати розподіл потоків енергії та впроваджувати передові стратегії захисту.

Регулярне технічне обслуговування та своєчасний ремонт обладнання є ключовими для забезпечення його надійної роботи. Впровадження передових методів діагностики, включаючи термографічні обстеження, акустичну діагностику, вібраційний аналіз та інші неруйнівні методи контролю, дозволяє виявляти потенційні несправності на ранніх стадіях та запобігати великим аваріям.

Створення резервних джерел живлення та резервних ліній передачі сприяє зниженню ризику повного відключення споживачів у випадку аварій. Розробка ефективних планів відновлення після аварій, включаючи аварійні бригади, що мають високий рівень підготовки та мобільність, дозволяє швидко відновлювати постачання електроенергії.

Розвиток розподіленої генерації, включаючи використання відновлювальних джерел енергії, таких як сонячні панелі та вітрові турбіни, на рівні споживачів, забезпечує зниження навантаження на централізовані джерела енергії та покращує стабільність електропостачання в мережі. Також це сприяє підвищенню енергетичної безпеки та зменшенню залежності від зовнішніх постачальників енергоресурсів.

*Висновок.* Підвищення надійності розподільних електричних мереж є багатоаспектним завданням, що вимагає комплексного підходу та використання сучасних технологій. Це не тільки забезпечує безперебійне електропостачання для споживачів, але й сприяє підвищенню енергетичної безпеки, ефективності та екологічності електроенергетичної системи в цілому.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. П. Лежнюк, Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії / П.Д. Лежнюк, О.Є. Рубаненко, І.О. Гунько – Вінниця: ВНТУ, 2018 174С.
2. M. Cosovic, O. Rubanenko, and S. L. Gundebommu, "Analysis of the distributed power generation with focus on power plant technical conditions," in 2021 20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), 2021, pp. 1-6.

## ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЯ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ НА ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЯХ

Пономаренко С. О., магістр, e-mail: [ponomarienko2001@gmail.com](mailto:ponomarienko2001@gmail.com),

Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викл. Пазій В. Г.

Державний біотехнологічний університет

*Постановка задачі, аналіз основних досліджень та публікацій.* Короткі замикання на повітряних лініях електропередачі становлять серйозну загрозу для надійності електроенергетичних систем. Швидке та точне визначення місця короткого замикання дозволяє оперативно усунути проблему, мінімізувати час відключення споживачів від електропостачання та запобігти можливим пошкодженням обладнання. У зв'язку з цим розвиток ефективних методів дистанційного визначення місця короткого замикання на повітряних лініях електропередачі є актуальним напрямком досліджень в енергетиці.

*Мета досліджень.* Дослідити методи визначення місць КЗ на ПЛ, що ґрунтуються на принципі дії дистанційного релейного захисту.

*Основні матеріали досліджень.* Дистанційний релейний захист працює на основі вимірювання імпедансу (опору) між точкою встановлення релейного захисту та місцем потенційного пошкодження в електричній мережі. Алгоритм роботи захисту передбачає порівняння виміряного імпедансу з заданими параметрами, які відображають нормальний стан мережі. У випадку виявлення аномалій, які свідчать про пошкодження (наприклад, зниження імпедансу через коротке замикання), система активує механізми відключення пошкодженої ділянки мережі.

Проте, при використанні даного методу у розгалужених мережах можливі ускладнення визначення місця короткого замикання внаслідок невизначеності інформації через можливість існування кількох шляхів з однаковим значенням опору КЗ до місця пошкодження, рис. 1. При цьому необхідно вжити додаткових заходів для уточнення пошкодженої ділянки та визначення місця пошкодження.

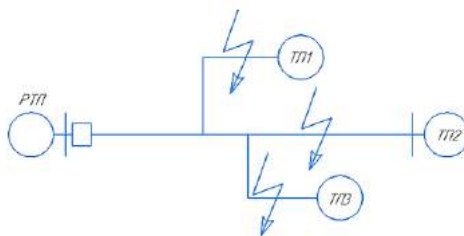


Рисунок 1 – Схема мережі з КЗ на різних ділянках

Останнім часом все більшу увагу приділяють розробці та впровадженню методів діагностики, які використовують алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту. Ці методи аналізують великі обсяги даних з сенсорів, встановлених на лініях, для виявлення закономірностей, які можуть вказувати на місце короткого замикання. Завдяки високій обчислювальній потужності та здатності "вчитися" на основі історичних даних, ці методи демонструють високу точність і швидкість діагностики. Пропонується використання подібних технологій для уточнення визначення місця КЗ на розгалужених електричних мережах.

*Висновок.* Використання сучасних технологій та методів, що використовують алгоритми машинного навчання дозволяє підвищити точність визначення місць КЗ на розгалужених лініях електропередавання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Козярьський Д. П., Майструк Е. В., Козярьський І. П. Основи релейного захисту та автоматизації енергосистем. Ч.2. Чернівці : ЧНУ, 2019. 133 с.
2. Palm W. J. MATLAB for engineering applications. Boston: WCB McGraw-Hill, 2008. 526 p.

ОСОБЛИВОСТІ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЮ В НАЦІОНАЛЬНОМУ  
УНІВЕРСИТЕТІ БІОРЕСУРСІВ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Проскура В. Л., студент магістратури ННІ ЕАЕ, e-mail: [ivan\\_radko@ukr.net](mailto:ivan_radko@ukr.net)

Науковий керівник к.т.н., доц. Радько І. П.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Очевидно, що для подолання кризи в енергетичному секторі, забезпечення енергонезалежності країни необхідно сформувати нову енергетичну культуру в усіх сферах життя та виховувати нове енергосвідоме покоління.

Розвивати енергосвідомість у молоді можна лише на реальних прикладах енергоощадності та підвищення енергоефективності навколо себе. Університет має стати базовим інноваційним майданчиком, чий досвід у подальшому допоможе виховувати нове покоління молодих фахівців, для яких ошадливе ставлення до споживання енергоресурсів буде покладене в основу професійної і суспільної діяльності.

Існуючий досвід впровадження енергоощадних технологій у освітніх закладах України свідчить, що проблемою бюджетних об'єктів загалом і освітніх закладів зокрема є нерациональне використання енергоресурсів, відсутність необхідних інвестицій у модернізацію енергетичної інфраструктури.

Розроблення Комплексної науково-технічної програми управління енергоефективністю в Національному університеті біоресурсів та природокористування України на 2021 – 2025 роки (далі КНТП) має на меті запровадження системного енергетичного менеджменту на основі одержаних результатів та набутого досвіду за останні роки. Використання досвіду, одержаного за період реалізації заходів з модернізації будувель і інженерних мереж у НУБіП (далі Університет) 2016-2023 р.р., дозволило сконцентрувати увагу на запровадженні сучасних принципів енергетичного менеджменту та оптимально управляти видатками університету на енергоносії і воду в умовах постійного зростання тарифів.

КНТП є складовою в реалізації стратегічного напрямку діяльності НУБіП України у рамках реалізації Програми розвитку НУБіП України «ГОЛОСІВСЬКА ІНІЦІАТИВА – 2025» щодо зменшення видатків на енергоспоживання шляхом впровадження організаційних, техніко-технологічних заходів і матеріального стимулювання енергозбереження та підвищення енергоефективності за рахунок внутрішнього потенціалу Університету. Енергоспоживання будівлями Університету залежить значною мірою від функціонального призначення будівель та споруд основного і допоміжного навчально-виробничого призначення, які використовуються для забезпечення навчального процесу і поділяються на (інфраструктура, яка підпадає під дію КНТП):

- навчальні корпуси – загальна площа 111693 м.кв., об'єм 508970 куб.м.;
- гуртожитки – 77447 м. кв., об'єм 288570 куб.м. ;
- господарські споруди – загальна площа 28010 м. кв., об'єм 82990 куб.м.

Дані щодо споживання та видатків коштів за спожиті енергоносії і воду в Університеті впродовж 2016-2023 років свідчать, що внутрішні інженерні системи енергоспоживання, будівлі навчальних корпусів, гуртожитків і ін. ще містять значний практичний потенціал енергозбереження.

Реалізація КНТП передбачає аналіз існуючого стану, постійний моніторинг та прогноз розвитку систем енергоспоживання у полі діючої нормативно-правової бази, розробку науково-методичного забезпечення основних, найбільш ефективних напрямів діяльності з енергозбереження, спрямованих на реалізацію політики енергозбереження в Університеті.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Радько І.П., Наливайко В.А., Окушко О.В., Міщенко А.В., Антипов Є.О. Підвищення енергоефективності систем тепlopостачання в навчальних закладах. Відновлювальна енергетика. К. 2019.

ОСНОВНІ НЕДОЛІКИ В ОБЛІКУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Радько І. В., студент 3 курсу ННІ ЕАЕ, e-mail: [ivan\\_radko@ukr.net](mailto:ivan_radko@ukr.net)

Науковий керівник к.т.н., доц. Наливайко В. А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

Оцінка реального стану та виявлення недоліків в обліку електроенергії набули поширення останнім часом у зв'язку з проведенням енергетичних обстежень підприємств (роботи з енергетичного аудиту).

При цьому здійснюються метрологічні перевірки об'єктів енергетики, що в цілому ряді випадків виявляють значний некомплект як лічильників електроенергії, так і трансформаторів струму і напруги. До того ж велика кількість лічильників працюють вже по 20 не 30 років (хоча протягом останніх практично всі енергопостачальні компанії суттєво поживали роботу із встановлення сучасних засобів обліку електричної енергії).

Індукційні лічильники електричної енергії, що домінували серед засобів обліку, фізично і морально застаріли та не забезпечують вимірювань у своєму класі точності. Як вони, так і інші ланки вимірювальних комплексів (трансформатори струму, трансформатори напруги) приводять до появи недообліку внаслідок систематичних похибок передусім у таких випадках:

- у разі перевантаження вторинних кіл трансформаторів струму(ТС) пристроями релейного захисту, телемеханіки тощо (похибка ТС може сягати мінус 5-10% і більше);
- у разі перевантаження вторинних кіл трансформаторів напруги(ТН) (похибка ТН може сягати мінус 2...3% і більше);
- у разі зсуву робочої точки ТС і лічильників в область малих струмів внаслідок застосування ТС одночасно і в колах обліку електроенергії, і в колах релейного захисту (таке застосування ТС із завищеним за умовами електродинамічної і термічної стійкості коефіцієнтом трансформації викликає похибку мінус 3...5% і більше);
- за наявності втрат напруги в колах, що з'єднують вторинні обмотки ТН і лічильники (похибка 1...2% і більше);
- за наявності температурної похибки лічильників;
- за наявності впливу на лічильники електромагнітного поля (створюваного постійними магнітами, постійним, змінним струмом і струмом високої частоти);
- у разі низького значення коефіцієнта потужності ( $\cos \varphi < 0,5$ ) у вимірювальних колах;
- за наявності нерівномірного навантаження ТС і ТН по фазах.

Слід зазначити, що систематична похибка може мати і знак «+», зокрема:

- у разі недозавантаження ТН (похибка до плюс 0,7...1,5%);
- у разі наявності кутової похибки ТН і перевантаженні вторинної обмотки;
- при малих робочих струмах і низькому значенні  $\cos \varphi$  (похибка в межах плюс 5...10% і більше).

І основне це байдуже ставлення до питань метрологічного забезпечення обліку електроенергії, яке не вдається доки змінити на краще, поряд із вже зазначеним недостатнім фінансуванням робіт є причиною неуккомплектованості служб метрології кваліфікованими кадрами, скорочення обсягів наукових досліджень і до виконання дослідно-конструкторських розробок.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лут М.Т. та інші. Автоматизовані системи контролю і обліку енергоносіїв. ФОП Ямчинський О.В. Київ- 2022, 46,7 др.ар.



ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ РОЗРАХУНКУ ТЕХНІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ  
У МЕРЕЖАХ 110-10 КВРибалка К. А., магістр, e-mail: [rybalka\\_k@ukr.net](mailto:rybalka_k@ukr.net)

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

Державний біотехнологічний університет

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.

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 [1, 2].

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 [3]. Точність і достовірність системи обліку, в першу чергу, визначається засобами інформаційно-виміральної техніки.

Висновки. Для підвищення точності визначення технічних втрат електричної енергії необхідно всебічне покращення технічних засобів обліку електричної енергії та 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.

Якість електричної енергії характеризується певними характеристиками, які з грудня 2023 року визначені стандартом ДСТУ EN 50160:2023 [1]. Цей стандарт враховує поправки, що були внесені до стандарту EN 50160:2010 протягом 10 років. Однак, на офіційному сайті інформаційного забезпечення у сфері технічного регулювання ДП "УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ" [2] вказано, що усі ці поправки станом на 2019 рік (EN50160:2010 + Cor.:2010 + A1:2015 + A2:2019 + A3:2019) чинні в Україні з 2022 року, але текст недоступний, як і текст стандарту ДСТУ EN 50160:2023. На рисунку 1 приведений скріншот частини пошукової таблиці з [2].

ДСТУ EN 50160:2014/ Зміна № 3:2022 (EN 50160:2010/A3:2019, IDT)	Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності	відсутній/ мова оригіналу	діє
ДСТУ EN 50160:2023 (EN 50160:2022, IDT)	Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності	відсутній/ мова оригіналу	діє

Рисунок 1 – Скріншот пошукової таблиці ДП "УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ" [2]

На жаль, воєнний час перешкоджає більш оперативно надавати користувачам можливість ознайомлення з текстами нових стандартів. Тому були проведені дослідження доступних джерел щодо можливих змін у новій редакції стандарту порівняно зі старою редакцією 2014 року. З цією метою аналізувалися Кодекс систем розподілу, публікації за темою дослідження, наприклад, [3], останній бенчмаркінг звіт Ради органів регулювання енергетики ЄС тощо.

Узагальнюючи результати дослідження, зроблено висновок про можливі такі зміни у новій редакції стандарту ДСТУ EN50160, що набув чинності 8.12.2023 року:

- за виняткових обставин можуть застосовуватися тимчасово ширші допуски частоти, ніж нормовані значення, з метою забезпечення постачання електроенергії;
- для мереж низької напруги відносна амплітуда 15 гармоніки має бути не більше 1% та відносна амплітуда 21 гармоніки має бути не більше 0,75%;
- для мереж середньої напруги у нормальних робочих умовах, за винятком періодів, під час котрих відбувались переривання напруги, змінення напруги не повинні перевищувати  $\pm 10\%$  від величини декларованої напруги, а в умовах, коли електричну енергію постачають електромережі без зв'язку з ОЕС чи до особливо віддалених користувачів мережею, змінення напруги не повинні перевищувати  $\pm 15\%$  від декларованої напруги.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2023 (EN 50160:2022, IDT). [Чинний з 8.12.2023] - К.: Держстандарт України, 2023. – 27 с.
2. Офіційний сайт інформаційного забезпечення у сфері технічного регулювання ДП "УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ" [Електронний ресурс]. URL: <http://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1&l=46403> (дата звернення 18.02.2024).
3. Трунова І. М. Аналіз регулювання якості електричної енергії як складової якості електропостачання сільськогосподарських споживачів/І. М. Трунова, Н. Ю. Потікун// Інженерія природокористування – Харків: ДБТУ, 2021. - №4(22). - С. 110 – 115. [Електронний ресурс]. URL: <https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/1213/1/18.pdf> (дата звернення 22.02.2024).

ПЕРЕВАГИ ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ З ДИСТАНЦІЙНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ  
ДАНИХ

Сілецький В. Д., магістр, e-mail: [duman.alexandr@gmail.com](mailto:duman.alexandr@gmail.com)

Наукові керівник доц. Думанський О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Автоматизована система комерційного обліку електричної енергії (АСКОЕ) створює можливість для бізнесу вести погодинний облік, а для населення – за тарифами, диференційованими за періодами часу.

Підприємство завдяки АСКОЕ має можливість погодинного обліку електроенергії та є споживачем категорії «А». Вартість електроенергії для такого споживача залежить від графіку споживання протягом доби: наприклад, вночі електроенергія буде коштувати дешевше. Тому для підприємств з переважно нічним або цілодобовим графіком роботи вартість електроенергії буде значно нижчою. Таким чином, АСКОЕ сприяє зменшенню витрат підприємства на електроенергію і, як наслідок, забезпечує зниження собівартості його продукції або послуг та підвищення їх конкурентоспроможності [1].

Для побутових споживачів встановлення лічильників з АСКОЕ дає можливість переходу на тарифи диференційовані за періодами часу, що також створює можливості для економії. Зокрема, за умови переходу на найбільш поширений двозонний тариф, у денний час (з 7:00 до 23:00 год.) розрахунок за спожиту електричну енергію відбуватиметься за діючим тарифом, а в нічний час (з 23:00 до 07:00 год.) — за тарифом, меншим на 50% [2].

Ще одна беззаперечна перевага це точність виставлених рахунків за спожиту електричну енергію (відсутність розбіжностей між даними споживача та оператора системи розподілу, на основі яких енергопостачальна компанія формує рахунки).

Для усіх абонентів, згідно з Кодексом комерційного обліку електричної енергії, проводити збір даних з лічильників на перше число місяця, наступного за розрахунковим, є обов'язком. Непобутові споживачі подають відповідний звіт. А у разі його відсутності до уваги береться показник середньодобового обсягу споживання. За відсутності показів приладу обліку за таким самим принципом відбувається розрахунок обсягів споживання побутових клієнтів [2].

За умови встановлення приладу обліку з системою АСКОЕ, передача показників стає необов'язковою! Оскільки розумний лічильник зробить це автоматично.

Ще одна перевага – економія часу. Як зазначалося, з АСКОЕ представникам бізнесу, так і побутовим споживачам, не потрібно турбуватися про передавання даних приладів обліку.

Через вбудований у пристрій модуль дані приладу зчитуються о 24:00 годині останнього дня місяця та надсилаються до енергопостачальної організації.

Для підприємців це ще й автоматизує процес документування даних та звітності щодо комерційного обліку, допомагає здійснювати аналіз та прогнозування споживання, збереження даних.

Впровадження АСКОЕ – це також застосування досвіду європейських компаній, що вже понад десять років отримують показники автоматично завдяки смарт пристроям та бездротовим способам передавання даних.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Переваги приладів обліку з дистанційною передачею даних (АСКОЕ). <https://www.roe.vsei.ua/perevagy-pryladiv-obliku-z-dystantsijnoyu-peredacheyu-danyh-askoe/news/>.
2. Кодекс комерційного обліку електричної енергії : чинне законодавство зі змінами та допов. станом на 1 листопада 2023 р.: (джерело документа: [https:// zakon.rada.gov.ua](https://zakon.rada.gov.ua)). – К.: ПАЛИВОДА А. В., 2023. – 136 с.

Питання про раціональне співвідношення надійності електроенергетичних об'єктів і якості електричної енергії, що виробляється, пред'являє до систем електропостачання значні вимоги: це надійність, економічність, висока якість електроенергії, безпека та екологічність. Повітряні лінії 6-110 кВ не завжди експлуатуються правильно, основною причиною інтенсивної ушкодження є багаторазові перемикання в зимовий період. Провід різко нагрівається при включенні і охолоджується при відключенні, дроти втрачають свої механічні властивості. Спостерігається провисання та часті обриви проводів. Причиною низької надійності повітряних ліній в основному є несприятливі погодні умови, старіння ізоляторів, перелітні птахи, тривала експлуатація, старіння дротів.

Порушення нормального функціонування електроенергетичної системи призводять до комплексу негативних явищ, до значних збитків

Для підвищення надійності параметрів системи електропостачання пропонується комплекс організаційно-технічних заходів: 1) раціональне резервування за допомогою вибору незалежних джерел живлення з урахуванням категорій споживачів; використання локальних джерел живлення; 2) застосування сучасних засобів автоматизації та телемеханізації, таких як мікропроцесори, для підвищення безпеки обслуговування та запобігання помилковим діям персоналу; 3) зменшення кількості трансформацій; 4) зниження насичення електричних мереж комутаційною апаратурою; 5) здійснення оптимальної компенсації реактивної потужності шляхом розвантаження трансформаторів; 6) зменшення часу дії релейного захисту та автоматики що підвищить стійкість електроенергетичної системи; від стійкості електроенергетичної системи залежить не тільки безпека електроенергії етичної мережі, але й такі показники, як збитки від недовідпуску електроенергії, ліквідація наслідків короткого замикання; 8) підвищення якості електричної енергії. Для зниження асиметрії напруг необхідно раціонально розподілити однофазні навантаження та застосувати пристрої для симетрування; 9) удосконалення конструкцій та матеріалів, з яких виготовляють електрообладнання для систем електропостачання; 10) застосування перевантажувальної здатності елементів системи електропостачання, що забезпечує надійне харчування споживачів. Режими перевантаження важливі при пошкодженнях або відключеннях ліній, трансформаторів, секцій, шин, окремих апаратів; 11) удосконалення технічного обслуговування: оптимізація періодичності та глибини капітальних ремонтів, зниження тривалості аварійних ремонтів; 12) шляхом підвищення якості ремонту обладнання знизити витрати праці та матеріальних засобів на ремонт; 13) вибір оптимального часу виведення устаткування в ремонт; 14) підвищення якості та рівня експлуатації електроустаткування.

Таким чином, можна зробити висновок, що розглянута електроенергетична система потребує реконструкції, і всі перераховані вище заходи сприяють зниженню витрат на реконструкцію і модернізацію електроенергетичних мереж, отже, підвищують надійність живильних і розподільчих мереж, сприяє зниженню втрат електричної енергії і підвищенню якості електроенергії, що поставляється.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зорін Є. В., Казанський С. В., Олефір Д. О. Забезпечення надійної роботи ОЕС України – нагальна потреба сучасності // Електропанорама. – № 4, 7-8, – 2007. – С. 86–91
2. Оцінювання якості електропостачання у локальних системах з джерелами розосередженої генерації: Монографія / С.П. Денисюк, Д.Г. Дерев'янка / К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського. - 2019. – 166 с.

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 (АСКУЕ) 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] 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%, (рис. 4.1).

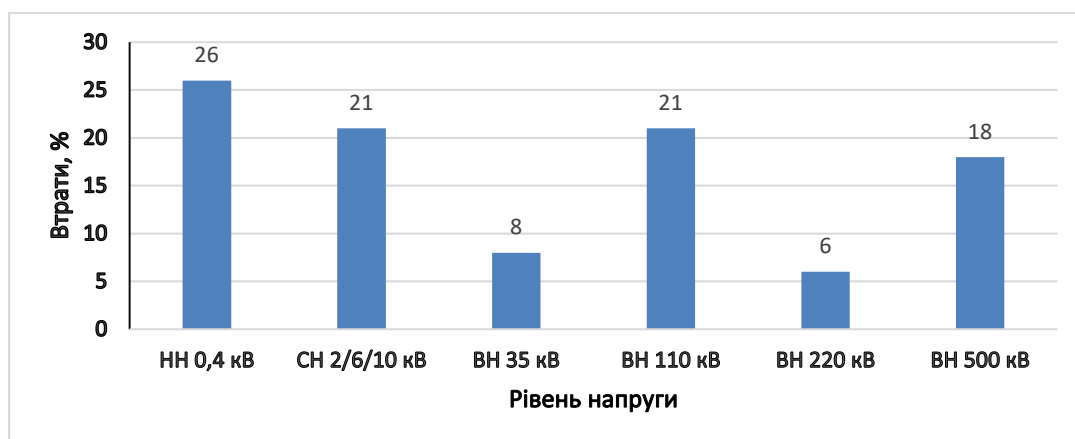


Рисунок 1 - Втрати електроенергії в електромережах з різними рівнями напруги

Реалізація АСКОЕ в мережах виконується за допомогою GSM/GPRS мережі, PLC – мережі, TCP-IP технологій та дротових послідовних інтерфейсів RS-485, RS-232, M-BUS, [2].

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 пропускної здатності.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- Qawaqzeh, M., Dudnikov, S., Mirosnyuk, 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
- 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



## МОДЕЛЮВАННЯ ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖАХ 10 КВ ЗА ДОПОМОГОЮ MATLAB SIMULINK

Тендітний В. В., магістр, e-mail: [v.tenditniy@gmail.com](mailto:v.tenditniy@gmail.com),

Наукові керівники: д.т.н., проф. Мороз О. М., ст. викл. Пазій В. Г.

Державний біотехнологічний університет

Однофазні замикання становлять значну частку всіх типів замикань в електроенергетичних системах. В мережах з ізольованою нейтраллю, що яких належать мережі 10 кВ такі замикання не потребують негайного відключення, але вони змінюють режим роботи мережі на ненормальний, що може з часом перерости в аварійний. Тому такі пошкодження необхідно ліквідувати якомога швидше.

Розробка ефективних методів для аналізу та ліквідації наслідків однофазних коротких замикань є критично важливою для забезпечення надійності та безпеки електропостачання. У цьому контексті програмне забезпечення MATLAB виступає як потужний інструмент для моделювання та аналізу електричних мереж, дозволяючи дослідникам та інженерам глибше зрозуміти динаміку однофазних коротких замикань.

MATLAB, з його інструментом Simulink, є потужним інструментом для моделювання та симуляції електричних мереж і систем. За допомогою Simulink можна легко створювати візуальні моделі електричних мереж, включаючи генератори, трансформатори, лінії передач, розподільні системи, навантаження та різні види замикань, включаючи однофазні замикання на землю. Це дозволяє аналізувати реакцію системи на замикання, визначати потенційні вразливі місця, та розробляти заходи щодо зниження ризиків і наслідків таких подій.

Так, розглянемо для прикладу аналіз параметрів замикання на ПЛ 10 кВ. Для цього необхідно створити схему даної ПЛ (рис. 1) в програмі, задати параметри всіх елементів та провести симуляцію.

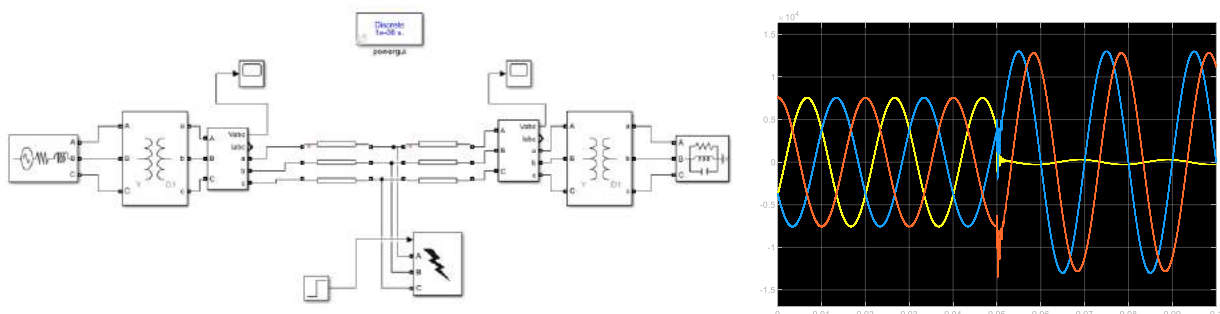


Рисунок 1 – Схема моделі ПЛ 10 кВ з ОЗЗ в MATLAB Simulink та результати моделювання

Під час симуляції однофазних замикань на землю в MATLAB, можуть бути виміряні та проаналізовані такі параметри, як струм замикання, напруга в місці замикання, динаміка зміни параметрів електричної системи перед та після замикання. Також є можливість проаналізувати перехідні процеси, що відбуваються в системі під час замикання, а також провести оцінку ефективності захисних пристроїв. На основі отриманих даних можна проводити оптимізацію налаштувань системи захисту електричної мережі, включаючи захисні реле та автоматичні вимикачі.

Отже, використання симуляції допомагають підвищити ефективність та точність розрахунків, а також значно знизити час на аналіз процесів в електричних мережах.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Островерхов М.Я., Пижов В.М. Моделювання електромеханічних систем в Simulink: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. - К.: ВД «Стилос», 2008. - 528 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. 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 апаратурну 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. Концограда Т.А. Підвищення точності визначення місця пошкодження в повітряних лініях 10 кВ / Т. А. Концограда, С.В. Бабанін // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. — Том 3. — С. 41
2. Луцяк В.В. Комбінована система визначення місця пошкодження в повітряних розподільних мережах напругою 6-35 кВ / Луцяк В.В., Кутін В.М. // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Проблеми сучасної електротехніки. Ч. 3. – Київ, 2008 – С. 57-60.

## ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІТРО-СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК В УКРАЇНІ

Федотов І. Д., студент, e-mail: [Illia.Fedotov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Illia.Fedotov@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Шевченко В. В.

Національний технічний університет «ХПІ»

Для вирішення глобальних проблем, таких як зростаюча потреба в електроенергії та одночасно боротьба зі зміною клімату, насамперед необхідно розширювати використання найдешевших, максимально екологічно чистих і найбільших запасів відновлюваних енергоресурсів. За цими критеріями у відновлюваній енергетиці вже давно лідирують вітро- та сонячна енергетика. Основним недоліком вітро- та сонячної енергетики є мінливість і погано передбачувана потужність, що видається: робота вітроенергетичних установок залежить від швидкості вітру; потужність фотоелектричних енергетичних установок залежить від інтенсивності сонячного випромінювання (часу доби, пори року, погодних умов, температури). Цей недолік доводиться долати акумулюванням енергії або резервуванням від традиційних енергетичних установок, але й зумовлює доцільність використання сонячної та вітрової енергоустановок разом, які майже завжди знаходяться як би у проти-фазі: в сонячну погоду не буде сильного вітру, а при сильному вітрі не буде сонця. За рахунок спільного використання вітрової та сонячної енергії можна підвищити стабільність видачі електроенергії при мінливості погодних умов, а також збільшити потужність та ефективність такої гібридної установки.

Вітро-сонячна енергоустановка (ВСУ) складається з сонячної та вітрової енергоустановок, які через випрямлювачі передають енергію по шинам постійного струму до інвертору і до споживача, і одночасно до систем накопичування: акумулятора, суперконденсатора тощо. Суперконденсатори мають набагато вищу питому потужність ніж акумулятори, тому в них є потенціал, щоб доповнювати традиційні системи акумуляторів. Використання суперконденсаторів знижує струмові навантаження на акумулятори, суттєво збільшуючи період їх життя. Їх поєднання в основному розглядають в автомобільній промисловості для гібридного та електричного транспорту через зменшення розміру загальної системи накопичення енергії, а також завдяки своїм енергетичним перевагам останнім часом застосовують і у системах генерації електроенергії. Практичне застосування знаходять різні конструкції комбінованих гібридних ВСУ, рис. 1.

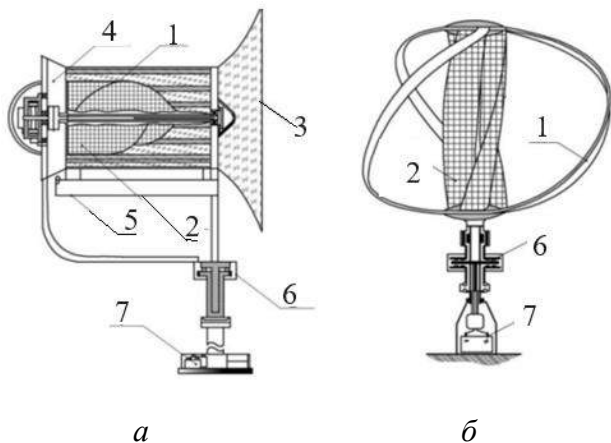


Рисунок 1 – Гібридна вітро-сонячна установка з горизонтальною (а) та вертикальною (б) віссю обертання:

1 – ротор ВЕУ;

2 – фотоелектричний перетворювач;

3 – конфузур; 4 – дифузур; 5 – поворотна платформа; 6 – опора поворотної опори;

7 – контролер та акумуляторна батарея

Основною перевагою ВСУ з гібридною системою накопичення є здатність виробляти електроенергію при малих швидкостях вітру за рахунок конструкційних особливостей та комплексного використання енергії вітру та сонця. Однак така здатність вимагає суттєвого ускладнення конструкції та матеріаломісткості, а також знижує надійність.

Ведуться роботи зі створення та промислового впровадження безперебійної ВСУ яка практично не буде залежати від швидкості вітру.

## ПРИЧИНИ НЕБАЛАНСУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ЇЇ ОБЛІКУ

Фоменко Б. В., магістр, e-mail: [foma@ukr.net](mailto:foma@ukr.net)

Науковий керівник доц. Савченко О. А.

Державний біотехнологічний університет

*Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.* Розумне використання електричної енергії, компенсація перетоків реактивної потужності та зниження втрат є складовими програми з підвищення ефективності електроенергетики України. В розрахунках балансів електричної енергії повинні враховуватись навіть незначні втрати, адже вони за деякий проміжок часу набувають суттєвого значення. Важливим питанням програми з підвищення ефективності електроенергетики України є зниження небалансів електроенергії – різниці між отриманою та відпущеною енергією. В розподільних мережах 6-10 кВ однією з причин небалансу є неврахування впливу поперечних параметрів лінії – активної і ємнісної провідності, а також несиметрії параметрів мережі.

*Мета досліджень.* Дослідження поперечних параметрів і несиметрії параметрів мережі, що впливають на баланс енергії.

*Основні матеріали досліджень.* Активна і ємнісна провідність повітряних ліній змінює кут опору, зменшуючи його величину в міру наближення до джерела живлення. Тому між результатами розрахунків без врахування поперечних параметрів і результатами, які були отримані з їхнім урахуванням, є суттєва різниця.

Основним завданням розрахунку і аналізу втрат є визначення їх детальної структури, виявлення конкретних осередків втрат і оцінка можливості їх зниження до економічно виправданих значень. Одним з методів такої діагностики втрат є аналіз небалансів електроенергії на об'єктах. В розподільних мережах 6-35 кВ (крім навантажувальних втрат) небаланс може бути пов'язаний з неврахуванням впливу поперечних параметрів лінії – активної і ємнісної провідності і несиметрією параметрів мережі.

На облік енергії може впливати несиметрія параметрів мережі, зумовлена наприклад різними точками кріплення проводів на повітряних лініях 10 кВ. Так, у випадку розміщення проводів в кутах рівностороннього трикутника, міжфазні ємності будуть рівними, а ємності проводів по відношенню до землі будуть відрізнятися. У випадку горизонтального розміщенні проводів на ПЛ ємності по відношенню до землі будуть рівними, але міжфазні ємності будуть відрізнятися – ємність між крайніми проводами буде в 2 рази меншою від ємності між крайнім і середнім проводами. Таким чином, як у першому, так і в другому варіанті розміщення проводів параметри схеми заміщення лінії будуть несиметричними.

*Висновки.* Несиметрія поперечних параметрів розподільної мережі негативно впливає на точність визначення кількості відпущеної активної та реактивної енергії. Необхідність такого дослідження виникає в зв'язку з вимогами ПТЕ по відношенню до контролю симетрії параметрів мережі і заходів, що спрямовані на їх вирівнювання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання: СОУ-Н ЕЕ 40. 1-37471933-54:2011. Офіц. вид. – К.: ГРІФРЕ: Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2011. V – 56 с. (Нормативний документ Міненергугілля України, методика).
2. Втрати електроенергії в розподільних електричних мережах. [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://ua-referat.com/Втрати\\_електроенергії\\_в\\_розподільних\\_електричних\\_мережах](http://ua-referat.com/Втрати_електроенергії_в_розподільних_електричних_мережах).
3. Зниження втрат електроенергії і її раціональне використання. [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/5247230/page/5/>.

ЯКІСНИЙ РОЗРАХУНОК ОБМОТОК СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА ЯК ОСНОВА  
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ РЕМОНТУЧетверіков Ю. А., магістрант, e-mail: [equilibrium.mercy@gmail.com](mailto:equilibrium.mercy@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Технічний стан трансформаторів напруги у розподільних мережах України в останні часи погіршується внаслідок недостатнього фінансування і неможливості своєчасної заміни обладнання, строк служби якого закінчився. Для характеристики поточного узагальненого технічного стану трансформаторів напруги в розподільних мережах до війни користувалися даними звітів Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг та Планами розвитку Операторів систем розподілу. Однак, воєнний стан передбачає обмеження доступу до такої інформації. Але навіть довоєнні публікації, такі як [1], свідчать, що, наприклад, в АТ «Харківобленерго» на початку 2021 року 43% трансформаторних підстанцій (ТП) знаходилися у незадовільному та непридатному технічному стані. Також ракетні обстріли енергетичної інфраструктури мають наслідком пошкодження трансформаторів. Тільки зимою 2022-2023 року було 240 прямих влучань по ТП [2]. Тому дуже актуальним є питання якісного ремонту силових трансформаторів.

Якість ремонту визначається певними технічними характеристиками, насамперед, такими, що відповідає стандарту [3]. При цьому, більшість технічних характеристик закладається у підготовчому до ремонту процесі, наприклад, під час розрахунків обмоток силових трансформаторів для їхнього відновлення на справних магнітопроводах.

Під час ремонту силових трансформаторів з заміною обмоток в основу розрахунку мають бути покладені такі головні вимоги як забезпечення необхідних номінальних характеристик; необхідного рівня ізоляції трансформатора; нормованих відхилень втрат та струму неробочого ходу, втрат та напруги короткого замикання. Для підвищення ефективності підготовчого до ремонту процесу необхідно використовувати комп'ютерні розрахунки. Були проаналізовані декілька прикладів онлайн калькуляторів розрахунку трансформаторів та визначені їх певні недоліки. Як правило, онлайн калькулятори це спрощені розрахунки, які не враховують багато нюансів, наприклад, того, що при розрахунках, коли розрахункове значення перерізу проводу понад 5,8 мм<sup>2</sup>, то в багатьох джерелах рекомендується застосовувати провід прямокутного перерізу, тощо. Врахування в попередніх розрахунках усіх цих нюансів підвищить якість наступного ремонту силових трансформаторів.

Проаналізувавши методику розрахунку технічних характеристик силових трансформаторів перед заміною обмоток, були визначені та систематизовані параметри, які задані до ремонту і є незмінні; змінні параметри, які обирають з довідникових даних, та параметри перевірки правильності розрахунків. На цієї основі розроблені рекомендації щодо застосування комп'ютерних технологій для підготовчого процесу якісного ремонту обмоток силового трансформатора та проведена їх апробація.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зінов'єв О. Д. Аналіз технічного стану розподільних мереж / О. Д. Зінов'єв // XVII-ий Міжнародний форум молоді «МОЛОДЬ І СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА В XXI СТОЛІТТІ». Збірник матеріалів форуму (секція «Енергопостачання та автоматизовані електромеханічні системи в АПВ»). – Харків, ХНТУСГ, 2021. – С. 163.
2. Режутська Л. Укренерго: колапсу не буде, але відключення світла можливі. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.dw.com/uk/kerivnik-ukrenergo-kolapsu-ne-bude-ale-vidklucenna-svitla-mozlivi/a-67058497> (дата звернення 15.03.2024).
3. Трансформатори силові. Типова інструкція з експлуатації: СОУ 40.1-21677681-07:2009. [Чинний з 25.06.2009 р.] – Міненерго України, 2009. – 111 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 мережі 0,38/0,22 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 0,38/0,22 кВ живляться кілька найближчих споживачів. Розраховано роботу мережі 10 кВ.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Леонтьєв, В. О. Симетрування неповнофазних режимів в розподільних електричних мережах: монографія / В. О. Леонтьєв. – 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.

УДК: 620

АВТОМАТИЧНЕ ВИЯВЛЕННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЯ АСИНХРОННИХ РЕЖИМІВ  
В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ 110 КВ ТА ВИЩЕ

Шумілін Д. С., магістр, e-mail: [Dmytro.Shumilin@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Dmytro.Shumilin@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник д.т.н., доц., завідувач кафедри автоматизації та кібер безпеки  
енергосистем Гапон Д. А.

НТУ «Харківський політехнічний інститут»

В нормальному режимі всі генератори, увімкнені на паралельну роботу, працюють синхронно, тобто існує синхронний режим роботи. Асинхронний режим виникає у разі порушення стійкості паралельної роботи. Крім того, цей режим може виникнути при несинхронному увімкненні лінії, що з'єднує електростанцію з енергосистемою. Асинхронний режим є серйозним порушенням нормального режиму роботи, небезпечним для обладнання та споживачів електроенергії. Гранична допустима тривалість асинхронного режиму становить 15-30 с. За цей час мають бути вжиті заходи для відновлення синхронізму, тобто. має бути проведена ресинхронізація. Якщо синхронізм не відновлюється, то енергосистеми мають бути розділені в заздалегідь намічених місцях. Згідно [1] для припинення асинхронного режиму повинні застосовуватися пристрої автоматики, що відрізняють асинхронний режим від синхронних коливань, коротких замикань або інших ненормальних режимів роботи.

З широким впровадженням мікропроцесорної техніки в електроенергетику стає можливим розробка мікропроцесорних пристроїв виявлення та ліквідації асинхронного режиму з найбільш ефективними алгоритмами функціонування.

Принцип дії цифрового пристрою ліквідації асинхронного режиму повинен базуватися на використанні алгоритму розпізнавання двомашинного асинхронного режиму та виявленні наявності електричного центру коливань на контрольованій ділянці електричної системи та реалізовувати технічні можливості прогнозування розвитку асинхронного процесу на основі граничних фазових траєкторій «кут – ковзання». Алгоритм доцільно побудувати на розрахунковому визначенні векторів напруг та кутів між ними у двох вузлах, що обмежують контрольовану зону. Розрахунок векторів напруг у контрольованих вузлах електричної системи повинен здійснюватися в реальному часі на основі використання векторів прямих послідовностей вимірюваних струмів та напруг у місці встановлення пристрою та набору еквівалентних опорів електропередачі. Одночасно з фіксацією кутів між векторами напруг пристрій слід здійснювати фіксацію знаку ковзання частин енергосистеми, що асинхронно рухаються [2].

Мікропроцесорний пристрій виявлення та ліквідації асинхронного режиму може функціонувати в триступінчастому режимі, забезпечуючи на кожному ступені формування вихідних сигналів (з урахуванням знака ковзання). Також є можливість здійснювати віддалений доступ до пристрою по послідовному каналу зв'язку з інтерфейсом типу RS-232 (RS-485), за допомогою якого можна стежити за його функціонуванням, змінювати уставки, перемикаючи робочі комплекти, записувати зібрані дані. В тому числі забезпечується фіксація спрацювання, несправності пристрою із запам'ятовуванням та можливість передачі інформації на пристрої вищого рівня.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- 1 . Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с
- 2 . Автоматика протиаварійного управління електроенергетичних систем: підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Г.А. Сендерович, О. Г. Гриб, В. М. Баженов, Н. В. Рудевіч, С. В. Швець, Черкашенко В. М., П.Г. Щербакова, О.В. Дяченко . – Харків : ФОП Панов А. М., 2020. – 272 с.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖЕВОГО ГОСПОДАРСТВА  
УКРАЇНИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ ЖИТТЯ

Щусь В. М., аспірант, e-mail: [Nittz.ltd@gmail.com](mailto:Nittz.ltd@gmail.com)

Науковий керівник доц. Жорняк Л. Б.

Національний університет «Запорізька політехніка»

Однією з важливих проблем, що пов'язана з експлуатацією електричних мереж напругою 10 кВ, є наявність несанкціонованих зовнішніх впливів. До характерних явищ природнього характеру у сучасних умовах в Україні додаються такі, як наслідки бойових дій та впливи, пов'язані з ними. За таких умов суттєво зростає ймовірність відключення окремих ділянок електричної мережі та втрачання живлення електроспоживачів 1 категорії за безперервністю електропостачання, стратегічного призначення. За зазначених умов підтримання високого рівня надійності електропостачання можливо досягти в тому числі за рахунок впровадження комплексу елементів моніторингу та керування мережею, необхідних для виявлення аварійної ситуації та відключення ділянки мережі, і навіть для наступного повторного включення кола, тобто автоматичного повторного включення (АПВ) [1].

Завдання аварійного відключення пошкодженої ділянки мережі, секціонування мереж, включення резерву виконують пункти секціонування мереж (ПСМ). Раніше це були будівлі із встановленим у них необхідним електротехнічним обладнанням, яке потребувало періодичних перевірок та ремонтів. На сьогодні до основних функцій ПСМ додається облік електроенергії, а для пошуку несправностей і локалізації аварійних ділянок мереж 6(10) кВ створюються спеціалізовані системи та пристрої, що оснащують ті самі мережі своїми датчиками для збору інформації. Основна частина функцій мереж на сьогодні вирішується стовповим пунктом секціонування – реклоузером. Для нього не потрібно спеціального приміщення через те, що він розміщується на опорі, оскільки має невелику вагу, і практично не потребує обслуговування, бо контактні реле замінені електронними пристроями. Такий пристрій має можливість передавати інформацію диспетчеру мережі про факт аварії, про поточні вимірювання параметрів мережі для локалізації аварійної ділянки, до того ж забезпечує комерційний облік відпущеної електроенергії, а диспетчер має можливість дистанційної перекомутації для виконання секціонування мережі, підключення резервних ліній тощо [2].



Рисунок 1 – Ефекти, що отримуватимуться від застосування реклоузерів у мережі електропостачання кінцевих споживачів електроенергії

Реклоузери встановлюються на магістральну ділянку. У разі пошкодження найближчий до нього реклоузер відключає нижчу ділянку мережі. Це підвищує надійність електропостачання споживачів поблизу центру живлення.

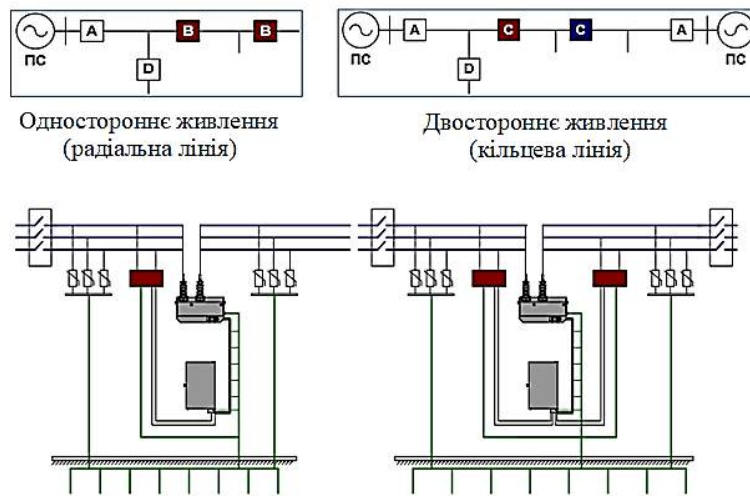


Рисунок 2 – Схема підключення до лінії [1]

Для секціонування радіальної лінії з двостороннім живленням на додаток до реклоузерів на магістралі встановлюються реклоузери в якості пункту АВР, тим самим здійснюється контроль напруги на цьому пункті і використовуються спрямовані захисти. У разі пошкодження на будь-якій ділянці мережі АВР буде обмежено двома найближчими апаратами, тим самим споживачі непошкоджених ділянок зможуть зберегти своє живлення.

Для автоматизації лінії достатньо встановити від 3-х до 5-ти реклоузерів. Застосування автоматичних реклоузерів дозволить досягти зниження недовідпускання електричної енергії кінцевим замовникам, підвищити рівень надійності електропостачання. Реклоузери дозволяють скоротити час пошуку та локалізації пошкодження на ділянці лінії електропередавання. Трансформатори струму, встановлені у високовольному модулі реклоузера, вимірюють струм в лінії і передають сигнал на термінал захисту, що знаходиться в шафі керування [2, 3]. Мікропроцесорний термінал захисту порівнює струм у лінії (а також інші параметри) із заданими уставками. Якщо поточні параметри лінії виходять за межі заданого діапазону, цей термінал захисту видає команду на відключення вакуумного вимикача, який розриває коло. Термінал захисту витримує заданий проміжок часу, наприклад, 3 секунди, і подає на вакуумний вимикач сигнал повторного вмикання (АПВ). Якщо несправність на лінії після відключення не самоусунулася, з трансформаторів струму на термінал знову надходить «тривожний сигнал», і захист знову відключає лінію. Так повторюється від одного до трьох разів залежно від налаштувань реклоузера. Якщо АПВ не допомогло усунути несправність, то реклоузер відключає лінію, передає по лінії зв'язку сигнал у диспетчерський пункт та чекає на приїзд ремонтної бригади, яка усунувши несправність на лінії, вручну вмикає реклоузер.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Афанасьєв О.І. Електроапаратне обладнання систем електропостачання енергоємних виробництв / О. І. Афанасьєв, Л. Б. Жорняк, О. В. Немикіна, В. М. Щусь; за заг. ред. П. Д. Андрієнко. – Запоріжжя: НУ Запорізька політехніка, 2023. – 432 с.
2. <https://www.unidata.com.au/application-notes/power-utility-remote-recloser-management/>
3. International electrotechnical group E.NEXT (enext.com).

## СЕКЦІЯ 2. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

УДК 621.315.592

РОЗРАХУНОК ВІДОБРАЖЕННЯ ПОВЕРХНІ ГЕТЕРОСТРУКТУРИ  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$

Алгаєв О. В., email: [findsoviet@gmail.com](mailto:findsoviet@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Дяденчук А. Ф.

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

У сучасному світі використання різноманітних матеріалів у виробництві геліосистем вимагає ретельного аналізу їхніх властивостей, серед яких важливим параметром є відбивна здатність (відображення) [1]. Особливо це стосується гетероструктур, які складаються з різних матеріалів і можуть мати складну структуру. Одним з таких матеріалів є структура  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$ . Поєднання  $\text{Si}_3\text{N}_4$  та Si дозволяє створювати ефективні напівпровідникові пристрої з високою електричною й оптичною продуктивністю, таке поєднання може підвищити механічну стійкість та довговічність напівпровідникових пристроїв. У цьому контексті важливо розрахувати та проаналізувати відбивну здатність гетероструктури  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$  з метою оптимізації її властивостей для різноманітних застосувань у сучасних технологіях.

Мета даного дослідження полягає у розрахунку відображення поверхні гетероструктури  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$  з метою дослідження та аналізу її оптичних властивостей.

Потужним інструментом для розрахунку відбивної здатності гетероструктур є метод матриць [2], основна ідея якого полягає в тому, щоб розглядати гетероструктуру як послідовне розташування шарів з різними оптичними властивостями та використовувати матричні рівняння для обчислення відбивання світла на межах шарів. Розрахунок відбивної здатності гетероструктури проведено в MS Excel за формулами наведеними в [3]. Товщина шару  $\text{Si}_3\text{N}_4$  становила 50 та 100 нм.

За результатами моделювання встановлено, що максимальне відображення становить 27%, а мінімальне – 1,5% ( $\lambda=405$  нм) та  $\approx 8\%$  ( $\lambda=1400$  нм) для плівок  $\text{Si}_3\text{N}_4$  товщиною 100 та 50 нм відповідно.

Оскільки пікова енергія в сонячному спектрі припадає на довжину хвилі 500 нм, а пік відносного спектрального відгуку кремнієвої комірки знаходиться в діапазоні 800-900 нм, тому «найвигідніше» відображення має знаходитись в межах 500-700 нм. За результатами моделювання встановлено, що мінімальне відображення в заданому діапазоні довжин хвиль досягається при значенні товщини плівки  $\sim 130$  нм.

Таким чином, метод матриць, використаний для розрахунку відбивної здатності гетероструктури  $\text{Si}_3\text{N}_4/\text{Si}$ , дозволяє ефективно моделювати взаємодію світла з різними шарами та визначити їх відображення на різних довжинах хвиль. Отримані результати свідчать про значну варіабельність відображення залежно від товщини шарів та довжини хвиль, що може бути важливим для оптимізації ефективності сонячних елементів та оптичних систем.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Dyadenchuk A. F., Oleksenko R. I. Simulation photoconverters of porous-Si/Si with different anti-reflective coatings. *International Journal of Mathematics and Physics*. 2023. V. 14(2). Pp. 89-94.
2. Diaw A., Niase O. A., Mbengue N., Ba B. Simulations of Antireflecting Coating on a Monocrystalline Silicon Solar Cell: Influence of Optical Parameters on a Double Layers. *American Journal of Energy Research*. 2023. V. 11(1). Pp. 27-30.
3. Дяденчук А.Ф., Галько С.В. Оптимізація антивідбивних покриттів кремнієвих фотоперетворювачів для підвищення ефективності сонячних енергетичних систем. *Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК*: [Електронний ресурс] : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 9 листопада 2023 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. Харків, 2023. С. 65-66.



ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА  
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇБабін Б. Е., бакалавр, e-mail: [babinbogdan16@gmail.com](mailto:babinbogdan16@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

З розвитком відновлювальної енергетики системи зберігання енергії стають все більш актуальними у всьому світі. Лише за останнє десятиліття галузь зберігання енергії зростає вдвічі: За даними Clean Horizon Consulting [1], лише в Європі до 2020 року було зареєстровано 1,4 ГВт операційних потужностей та анонсовано встановлення близько 2,3 ГВт потужностей. За даними Bloomberg NEF, глобальна потужність систем зберігання енергії перевищить 1 ТВт до 2040 року. Завданням систем зберігання енергії є оптимізація виробництва електроенергії шляхом балансування навантаження на мережу в періоди пікового та низького споживання.

Накопичувачі електричної енергії (НЄЕ) є важливою складовою сучасних енергетичних систем. Вони використовуються для зберігання енергії, що генерується відновлюваними джерелами, а також для забезпечення безперебійного живлення. Одним із ключових факторів, що впливають на характеристики НЄЕ, є температура оточуючого середовища. Досліджено, що існує вплив температури на такі характеристики, як ємність, потужність, термін служби та безпечність різних типів накопичувачів електричної енергії. В якості НЄЕ найбільш поширеними є літій-іонні батареї, свинцево-кислотні та суперконденсатори [2, 3].

Літій-іонні батареї є найбільш поширеним типом накопичувачів електричної енергії. Вони мають високу ємність, потужність та значний термін служби, але поряд з перевагами вони мають і недоліки, так при низьких температурах їх ємності знижується на 20-30%, а потужність може зменшуватися на 50%, також зменшується термін служби при високих температурах. При температурах вище 60°C зростає ризик вибуху або загоряння.

Свинцево-кислотні батареї є менш поширеним типом накопичувачів електричної енергії у порівнянні з літій-іонними батареями, але їх перевага в тому, що вони мають меншу вартість. Ємність свинцево-кислотних батарей зменшується при зниженні температури, при низьких температурах (нижче 0°C) ємність може знизитися на 20%. Потужність свинцево-кислотних батарей при низьких температурах знижується, а при високих температурах зменшується строк служби. Свинцево-кислотні батареї стають менш безпечними при високих температурах.

Суперконденсатори мають меншу ємність, ніж літій-іонні та свинцево-кислотні батареї, але вони можуть заряджатися та розряджатися значно швидше. У суперконденсаторах знижується ємність при високих температурах, а також відбувається незначне зниження терміну служби при високих температурах та зниження потужності при низьких.

Аналіз характеристик різних типів НЄЕ дозволяє стверджувати, що значний вплив на показники їх роботи має температура оточуючого середовища, тому їх експлуатація повинна відбуватися при визначених температурах оточуючого середовища. При виборі типу накопичувача для конкретного застосування важливо враховувати діапазон робочих температур та технічні параметри пристроїв.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мирутенко П. П., Лістовщик Л. К. Накопичувачі енергії. Основні типи та перспективи використання. Енергетика: економіка, технології, екологія: науковий журнал. 2022, № 4. 2022. URL: [content \(kpi.ua\)](http://content.kpi.ua).
2. Дерій В. Накопичувачі електричної енергії. System Research in Energy. 2023. №. 1 (72). С. 12-24. URL: <https://systemre.org/index.php/journal/article/view/12>.
3. Жаркін А. Ф. Особливості побудови та використання систем накопичення енергії у розподільних мережах. 2022. URL: <http://surl.li/ruqpf>.

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ГАЛУЗІ БІОЕНЕРГЕТИКИ  
Биковський О. М., магістр, e-mail: [anvaspe@meta.ua](mailto:anvaspe@meta.ua)  
Науковий керівник доц. Печенюк А. В.  
Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Останніми десятиріччями у світі спостерігається зростання попиту на використання поновлювальних джерел енергії.

Ціла низка фахівців у сфері енергетики переконує, що це дозволить значною мірою розв'язати цілий ряд енергетичних, економічних і екологічних проблем, викликаних виснаженням викопних паливних ресурсів і особливостями їх використання.

Одним із стратегічних напрямків розвитку сектору відновлюваних джерел енергії є біоенергетика, яка базується на використанні енергії біомаси.

Досвід розвинутих країн світу свідчить, що виробництво енергії з відходів біомаси може бути конкурентноспроможним вже сьогодні. В умовах низької вартості сировини виробництво якісного генераторного газу з відходів біомаси буде більш рентабельним, ніж виробництво традиційних енергоносіїв, вартість яких в останні десятиріччя як правило динамічно зростає [1].

До того ж масове використання біомаси сприяє розвитку регіонів, адже в цьому випадку для виробництва енергії використовуються наявні місцеві ресурси, зокрема – і трудові, що дозволяє створити нові робочі місця, стимулює зростання технологічного рівня виробництва та «озеленення» економіки міст і сіл. Розвиток галузі дозволить забезпечити додаткові доходи фермерським господарствам, адже біоенергетичні проекти передбачають придбання на постійній основі біомаси у аграрних підприємств.

Зростання частки біоенергетики в енергетичній галузі регіонів призводить до значного зменшення обсягів відходів і сміття на територіях громад, а впровадження біогазових установок дозволяє значною мірою розв'язати проблему утилізації небезпечних відходів з сміттєзвалищ [3].

Окрім цього, масове впровадження біоенергетичних технологій дозволить значною мірою протидіяти негативним змінам клімату та сприятиме виконанню міжнародних зобов'язань країни щодо скорочення викидів CO<sub>2</sub>.

Слід зазначити, що виробництво енергії з біомаси (біогазу) є значно стабільнішим за сонячну чи вітрову генерацію. Перевагами використання біопалива є його універсальність і багатоваріантність, адже біомасу можна використовувати у твердій формі шляхом прямого спалювання (пелети, солома, дрова, тріски, брикети тощо) або перетворювати та використовувати у рідкій (біодизель, біоетанол) чи газоподібній (біогаз, біометан) формі [2].

Таким чином, можна зробити висновок, що біопаливо сьогодні слід розглядати як серйозну альтернативу традиційному паливу, а ефективний розвиток біоенергетичної галузі сприятиме зростанню рівня енергетичної безпеки країни, допоможе розв'язанню цілої низки екологічних проблем регіонів, дозволить збільшити кількість кваліфікованих робочих місць у громадах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гументик М.Я. Оцінка ефективності перероблення біомаси енергетичних культур на біопаливо. *Біоенергетика*. 2016. №2(8). С. 28-31.
2. Прокопов Д. Біоенергетика у сталому розвитку сільського господарства: проблеми та перспективи розвитку галузі. *Acta Academiae Beregsasiensis. Economics*. 2023. №4. С. 643-652.
3. Федоренко В. Використання біопалива для виробництва теплової енергії. *Муниципальная энергетична реформа в Україні*. URL: [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PA00MD8R.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00MD8R.pdf)

## ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІД ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Ботвінко А. М., магістр, e-mail: [botvinko\\_a@ukr.net](mailto:botvinko_a@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, відкля він дує. Таким чином, вітер, при якому повітря переміщається з півдня на північ, буде південним [2, 3].

Висновки. Використання електричної енергії від вітроелектричної станції дозволить підвищити надійність та забезпечити умову безперебійності електропостачання споживачів.

## 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., Циценков Д. Основи вітроенергетики: підручник. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.

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 вдосконалено її структурно-параметричну схему [1, 2].

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  $x_i$ .

$$A_{\Sigma} = \begin{bmatrix} Y_1 = Y_1'' + Y_1' + Y_1^{\circ} - Y_1^{\bullet} - Y_3^{\bullet} - Y_4^{\bullet} - Y_5^{\bullet} - Y_6^{\bullet} \\ Y_2 = Y_2'' + Y_2' - Y_2^{\bullet} \\ Y_3 = Y_3'' + Y_3' \\ Y_4 = Y_2^{\bullet} + Y_4^{\bullet} + \Delta Y_3^{\bullet} - \Delta Y_2^{\bullet} \\ Y_5 = Y_3^{\bullet} - \Delta Y_3^{\bullet} \\ Y_6 = Y_4'' + \Delta Y_4' + \Delta Y_{42}' + \Delta Y_{44}' + Y_4^{\bullet} + Y_5^{\bullet} + Y_6^{\bullet} \end{bmatrix} = [\Sigma_1^6 Y_i] \quad (1)$$

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

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ  
СОНЯЧНИХ УСТАНОВОКВолобуєв А. С., аспірант, e-mail: [andreivolobuev7777@gmail.com](mailto:andreivolobuev7777@gmail.com)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.



ВИРОБНИЦТВО І ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ  
В АГРАРНІЙ СФЕРІ УКРАЇНИ

Волоткевич О. І., магістр, e-mail: [ketem@pdatu.edu.ua](mailto:ketem@pdatu.edu.ua)

Науковий керівник доцент Ткач О. В.

ЗВО «Подільський державний університет»

Біометан можна використовувати у всіх двигунах, що працюють на природному газі. На ринку представлено безліч сучасних газових двигунів для автомобілів, важких транспортних засобів, кораблів і поїздів, які можуть працювати на біометані. Більшість виробників автомобілів пропонують моделі, що працюють на стислому метані. Існує також можливість переобладнати автомобіль з бензиновим двигуном для роботи на газі. Приблизно 10% виробленого в Європі біометану використовується в якості моторного палива [1].

Виробництво біометану з біогазу пов'язано з додатковими витратами на розділення метану і CO<sub>2</sub>. Тому одиниця енергії в біометані коштує дорожче, ніж у біогазі. Але, біогаз можна використовувати для отримання електрики і тепла, при цьому для біометану відкриваються нові можливості, які в умовах України включають в себе:

Виробництво електроенергії та тепла з біометану з використанням газотранспортної мережі. Що дозволяє виробляти електо та теплову енергію в безпосередній близькості від споживача і забезпечуватиме ефективніше використання палива за рахунок використання теплової енергії принаймні в міських системах централізованого теплопостачання [1].

Зберігання біометану в мережі природного газу для виробництва електроенергії при піковому навантаженні. Цей варіант дозволяє використовувати біометан в періоди максимального навантаження на енергосистему і тим самим знизити потребу в регулюванні електричної потужності, яке в Україні забезпечується переважно вугільними електростанціями. Біометан для цієї мети може певною мірою компенсувати недоліки ВДЕ з обмеженою можливістю регулювання, що швидко розвиваються - енергії сонця і вітру.

Використання біометану в якості моторного палива для комунального транспорту та в сільському господарстві. Ця опція дозволяє замінити викопне моторне паливо. Це відмінна можливість для виробників аграрної продукції отримувати паливо за рахунок відходів свого виробництва. Використання біометану, як палива для громадського транспорту може значно зменшити забруднення повітря у містах. Використання біометану легковими автомобілями набирає популярності (європейський приклад - Італія).

Заміна природного газу біометаном. Біометан може використовуватися в будь-яких цілях в якості заміни природного газу. Тобто заміщати імпортований природний газ і рідкі нафтопродукти, а також виконувати зобов'язання України щодо скорочення викидів ПГ в рамках Паризької угоди.

Експорт біометану в ЄС з використанням Національного реєстру виробництва і споживання біометану. Основною проблемою розвитку виробництва біометану в Україні є нижча ціна на природний газ в порівнянні з вартістю виробництва біометану (зокрема і у вигляді моторного палива).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Климчук О. В. Нормативно-правове регулювання виробництва біопалива: Світовий досвід та проблемні аспекти в Україні. *Збірник наукових праць Миколаївського національного університету імені В. О. Сухомлинського. Випуск 3. 2015. С. 107-110.*
2. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та економічна безпека України. Київ: Хай-Тек Прес. 2010. 516 с.
3. Черевко Г., Шугало В. Виробництво біопалива як чинник підвищення еколого-економічної ефективності відновлення і використання пошкоджених територій. Економіка природокористування: наук. журн. «Аграрна економіка» ЛНАУ. 2018. Т.11, №1-2. С. 131-140.

ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ  
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Лапко В. О., магістр, e-mail: [lapko\\_v@ukr.net](mailto:lapko_v@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, надчистих 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 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.

## МЕТОДИКА ОЦІНКИ ПОТЕНЦІАЛА ЗНИЖЕННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СИСТЕМИ

Немикіна О. В., к.т.н., доц., e-mail: [olganemikina@ukr.net](mailto:olganemikina@ukr.net)

Трембічев В. студент, e-mail: [nostalgychannel@gmail.com](mailto:nostalgychannel@gmail.com)

Національний університет «Запорізька політехніка»

Немикіна О. С., студент, e-mail: [sasha.nemikina@gmail.com](mailto:sasha.nemikina@gmail.com)

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

*Мета роботи:* розробка методики потенціалу економії електроспоживання підприємства шляхом встановлення мережевої фотоелектричної станції на даху цеху. За основу приймається площа даху та розраховується площа сонячного масиву на даху та його потужність. Графіки навантаження окремих споживачів цеху відрізняються за формою внаслідок специфіки режиму роботи. Розрахунок фотоелектричної станції виконано для механічного цеху. Механічний цех працює за 8 годинним робочим графіком. Добовий графік навантажень цеху має два явно виражені максимуми (піка) навантажень – ранковий та вечірній. Проаналізувавши графік навантажень цеху можемо стверджувати, що доцільно використати енергію отриману завдяки фотоелектричних панелей, щоб зменшити споживання електроенергії та пікове навантаження на енергомережу [1,2].

*Основні матеріали досліджень.* Дослідження проводились у програмі PVWatts® [3], яка розраховує кількість електроенергії, виробленої фотоелектричними (PV) панелями. Вихідні дані представлені на рис. 1. Розрахунок проводився для м. Запоріжжя, кут нахилу PV панелей 34,7° до горизонтальної поверхні даху. Площа даху цеха складає 3456 м<sup>2</sup>. Площа встановлення сонячного масиву 672 м<sup>2</sup>, тобто площа сонячного масиву займає 19,4 % площі даху цеха. Розрахунок виконано для наступних параметрів. Потужність сонячного масиву 100,8 кВт. Тип фотомодуля – стандарт – полікристал, ККД=17%. Сонячний масив фіксованого типу. Втрати в PV системі складають -14,08%. Співвідношення потужності постійного та змінного струму=1,2; ефективність інвертора = 96%; коефіцієнт покриття землі = 0,4; альbedo з файлу погоди для м. Запоріжжя.

The image shows the 'PVWatts' calculator interface. The main section is titled 'ІНФОРМАЦІЯ ПРО СИСТЕМУ' (System Information). It contains several input fields with their current values:

- Розмір системи постійного струму (кВт): 100.8
- Тип панелі: Стандарт
- Тип масиву: Нерухома система (відкрит)
- Втрати системи (%): 14.08
- Нахил (градус): 34.7
- Азимут (градус): 180

There are also buttons for 'Перейти до даних про ресурси' (Go to resource data) and 'Перейти до PVWatts результату' (Go to PVWatts result). A map preview is visible on the right side of the form.

Рисунок 1 - Вихідні дані для розрахунку у програмі PVWatts®

Результат розрахунку: сонячна інсоляція та виробництво електроенергії фотоелектричними (PV) панелями з урахуванням ККД інвертору наведено на рис.2.

Місяць	Сонячне випромінювання (kWh / m <sup>2</sup> / день)	Енергія змінного струму (kWh)
Січень	1,02	2,704
Лютий	1,64	3,885
Березень	3,22	8,377
Квітень	5,74	13,610
Травень	6,10	14,740
Червень	6,74	15,259
Липень	5,55	12,801
Серпень	7,04	16,379
Вересень	4,05	9,475
Жовтень	4,30	10,740
Листопад	1,91	4,780
Грудень	0,72	1,829
<b>Аннот.</b>	<b>4,61</b>	<b>114,640</b>

Рисунок 2. Результат розрахунку

Місцезнаходження та ідентифікація станції																									
Земля на локації	заповнює																								
Джерело даних про погоду	Швейц., довг: 47.810001, 35.10 1.5 m																								
Широта	47.81° N																								
Довгота	35.10° E																								
Технічні характеристики фотovoltaїчної системи																									
Потужність постійного струму системи	100.8 kW																								
Тип панелі	Стандарт																								
Тип масиву	Нерухлива система (відкритий скелан)																								
Втрата системи	14.08%																								
Нахил масиву	34.7°																								
Азимут масиву	180°																								
Коефіцієнт співвідношення постійного та змінного струму	1.2																								
Ефективність інвертора	96%																								
Коефіцієнт покриття землі	0.4																								
Альбедо	From weather file																								
Двохсторонній	No (0)																								
Щомісячна втрата випромінювання	<table border="1"> <tr><td>січень</td><td>0%</td><td>лютий</td><td>0%</td><td>березень</td><td>0%</td><td>квітень</td><td>0%</td><td>травень</td><td>0%</td><td>червень</td><td>0%</td></tr> <tr><td>липень</td><td>0%</td><td>серпень</td><td>0%</td><td>вересень</td><td>0%</td><td>жовтень</td><td>0%</td><td>листопад</td><td>0%</td><td>грудень</td><td>0%</td></tr> </table>	січень	0%	лютий	0%	березень	0%	квітень	0%	травень	0%	червень	0%	липень	0%	серпень	0%	вересень	0%	жовтень	0%	листопад	0%	грудень	0%
січень	0%	лютий	0%	березень	0%	квітень	0%	травень	0%	червень	0%														
липень	0%	серпень	0%	вересень	0%	жовтень	0%	листопад	0%	грудень	0%														

Рисунок 3. Специфікація для PV системи

Таблиця 1 – Споживання та генерація електроенергії цехом помісячно

Місяць	Споживання електроенергії, $kWh_c$	Генерація електроенергії, $kWh_T$	Процент генерації відносно споживання, %
	кВт*год	кВт*год	$\frac{kWh_T}{kWh_c} \cdot 100\%$
Січень	230640	2704	1,1
Лютий	201600	3885	1,9
Березень	208320	8377	4,0
Квітень	192960	13610	7,
Травень	192696	14740	7,6
Червень	180000	15259	8,5
Липень	189273,6	17000	8,9
Серпень	205418,4	16379	7,9
Вересень	203976	12476	6,1
Жовтень	220298,4	10740	4,9
Листопад	223992	4780	2,1
Грудень	245073,6	1829	0,75
За рік	2494248	114640	4,99

**Висновок.** Генерація електроенергії для мережевої фотоелектричної станції під споживання цеху складає приблизно 5% за рік. Отже за зимовий період генерація електроенергії мінімальна, та складає 0,75-1,9% від споживання. За літний період генерація електроенергії має максимальне значення та складає 7,9-8,9% від споживання. В результаті розрахунку генерації електричної енергії робиться висновок о доцільності встановлення фотоелектричної станції на даху підприємства.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- Немикіна О.В. Понувлювальні та альтернативні джерела енергії. Для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: навч. посібник . Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 188 с..
- Nemykina O, Blyzniakov A. FEATURES OF CALCULATION THE LOAD FOR OFF-GRID SOLAR POWER PLANT. Матеріали II Міжнар. науково-практичної конф. «Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі» ( Мелітополь 01-26 листопада 2021 р). Мелітополь: ТДАТУ, 2021. с. 49-51.
- PVWatts® Calculator <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>

За наявності значного власного геліопотенціалу в АПК України нарощуються обсяги використання сонячних електростанцій (СЕС). Головним стимулом використання СЕС до цього часу був зелений тариф на електроенергію. Використання ж автономних на підприємствах АПК викликає в суспільстві суперечливі судження, основне з яких економічна недоцільність відповідних проектів, що пов'язано з високою собівартістю енергії. [1, 2]

Ціна електроенергії централізованої системи (ЦС) носить умовно постійний характер за часом з тенденцією до збільшення. На відміну від ціни на електроенергію від ЦС собівартість (С) електроенергії від СЕС постійно змінюється в сторону зменшення, так як постійно будуть збільшуватися обсяги корисно використаної енергії що пояснюється залежністю:

$$C = \frac{3}{W} \quad (1)$$

де  $3$  – загальні капітальні та амортизаційні затрати на СЕС, грн;

$W$  – обсяги корисно використаної електроенергії, яка вироблена СЕС, 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.;

$q_{jt}$  – 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  $K_{н}$  може знаходитись в межах від 0 до 1:

$$0 \leq K_{н} \leq 1 \quad (3)$$

Коли  $K_{н}=0$  – споживач не використовує енергію від СЕС, і навпаки, коли  $K_{н}=1$  – 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



ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Микитка Т. Г., магістр, e-mail: [ketem@pdatu.edu.ua](mailto:ketem@pdatu.edu.ua)

Науковий керівник доцент Ткач О. В.

ЗВО «Подільський державний університет»

В даний час використання сонячних елементів на основі a-Si:H не сприйняло широкого поширення. Для поліпшення якості СЕ на основі a-Si:H необхідно забезпечити:

- підвищення ефективності перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію;
- збільшення стабільності основних параметрів сонячних батарей до більш тривалої дії випромінювання.

Рішення цих проблем пов'язано з розвитком методів отримання більш досконалих за властивостями аморфних матеріалів та з вдосконаленням структур СЕ на їх основі. Для успішного удосконалення технології формування СЕ необхідно провести дослідження по ряду напрямків:

- поліпшення оптоелектронних властивостей тонких плівок a-Si:H, a-SiGe:H і c-Si:H;
- вивчення структурно-релаксаційних процесів в матеріалах на основі a-Si:H під освітленням;
- оптимізація властивостей шарів р- і n-типів, поліпшення якості кордону розділу між легованими і власними шарами, дослідження можливості використання буферних шарів і прошарків зі змінною шириною забороненої зони по товщині;
- розробка фронтальних матеріалів для ТСО і оптимізація кордону розділу ТСО / шар р-типу;
- оптимізація технології формування «світлової пастки»;
- оптимізація морфології кордону розділу і збільшення ефективності відображення тильного контакту СЕ;
- збільшення швидкості осадження товстих поглинаючих шарів при збереженні їх якості.

Одним із шляхів підвищення ефективності сонячних елементів на основі a-Si:H є удосконалення технологічних процесів, спрямоване на поліпшення оптоелектронних властивостей і зменшення концентрації дефектів в нелегованому і особливо в легованому шарах аморфного гідрогенизованого кремнію.

Сонячні елементи з таким і-шаром мають більшу напругу холостого ходу цт. Це дозволяє при більшому значенні довжини дрейфу носіїв заряду збільшити коефіцієнт форми ВАХ і відповідно отримати більш високий ККД. Ведуться інтенсивні роботи по поліпшенню властивостей активного власного шару в сонячних батареях на основі a-Si:H і його сплавів. Одним з широко використовуваних методів є отримання і-шару в плазмі, розведеної воднем, що призводить до поліпшення оптоелектронних властивостей напівпровідника (зменшення щільності станів і збільшення параметра цт). Сонячні елементи з таким і-шаром мають більшу напругу холостого ходу. Однак осадження даного шару в плазмі, розведеної воднем, призводить до зниження швидкості росту. Шар р-типу в р-і-п-структурі сонячного елемента на основі a-Si:H і його сплавів поряд зі створенням вбудованого електричного поля в і-шарі також грає роль широкозонного фронтального вікна. Збільшення вбудованого електричного поля в і-шарі досягається підвищенням ступеня легування і провідності р- і п-шарів. Таким чином, для збільшення ефективності СЕ необхідно формувати шари р-типу одночасно з високою провідністю і мінімальним поглинанням світла в ньому.

Остання умова досягається за рахунок збільшення щільності рухливості аморфного напівпровідника. Збільшення оптичної щільності шару фронтального вікна р-типу викликає також зростання вбудованого електричного поля в і-шарі. У той же час підвищення ступеня легування бором супроводжується зменшенням щільності рухливості і зростанням втрат, зумовлених поглинанням світла в цьому шарі. Збільшити щільності рухливості прозорого фронтального вікна можливо за рахунок застосування широкозонного сплаву a-SiC:Hр-типу.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПРОГРАМИ SYSTEM ADVISOR MODEL  
ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ СЕСМотайло М. С., аспірант, e-mail: [maksim.motaylo@gmail.com](mailto:maksim.motaylo@gmail.com)Науковий керівник проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

*Актуальність дослідження.* Світові потужності відновлювальної енергетики у 2023 році збільшились на 50% в порівнянні з попереднім роком [1]. Особливо стрімко зростає використання сонячної енергії, тому дослідження питань зменшення втрати в обладнанні сонячних електростанцій (СЕС) є актуальним. СЕС відрізняються мінливою генерацією в залежності від погодних умов. В останні роки спостерігається інтенсивний розвиток спеціалізованих програм для проведення техніко-економічного обґрунтування та дослідження режимів роботи СЕС, однією із таких програм є програма System Advisor Model (SAM) [2].

*Мета досліджень.* Дослідження можливостей програми SAM у визначенні втрат електричної енергії в обладнанні СЕС.

*Основні матеріали дослідження.* SAM містить широкий функціонал: проектування комерційних та побутових СЕС, отримання актуальних даних щодо погодних умов за географічними координатами, містить в собі вбудовану базу моделей обладнання СЕС з їх характеристиками, такі, як PV-модулі, інвертори, акумуляторні батареї. Основними джерелами втрат в СЕС є втрати в проводах, інверторах, втрати через зростання температури, затінення, самозатінення і забруднення, покриття снігом сонячних панелей [3]. SAM дозволяє оцінити ці втрати. В якості об'єкту для аналізу розглянуто побутову СЕС потужністю 5 кВт у м. Харкові. Результати розрахунку показників СЕС приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Результати розрахунку показників СЕС потужністю 5 кВт.

Річна енергія змінного струму за перший рік	6,661 кВт год
Коефіцієнт потужності постійного струму за перший рік	13,3%
Вихід енергії в перший рік	1162 кВт год/кВт
Коефіцієнт ефективності за перший рік	0.84

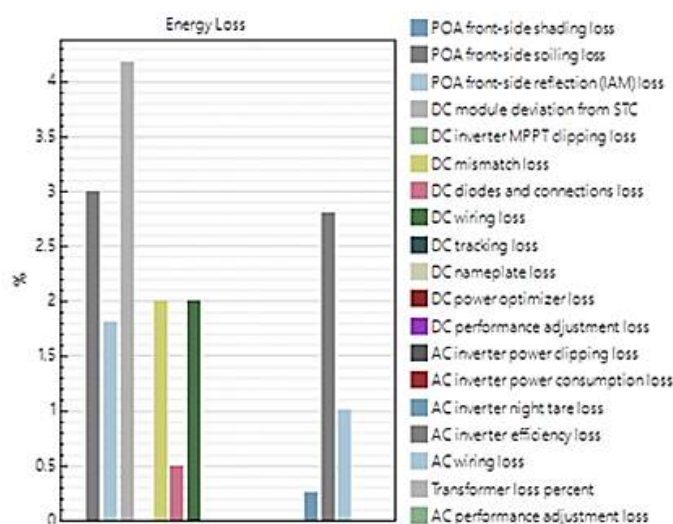


Рисунок 1 – Результати розрахунку втрат СЕС

За результатами моделювання роботи СЕС визначено, що сумарні втрати складають біля 18,5%. Результати розрахунку втрат СЕС показані на рис. 1. Причинами найбільших втрат є забруднення поверхні панелей, відмінність від стандартних умов, втрати в інверторі.

*Висновок.* Використання програми SAM є ефективним рішенням при проектуванні СЕС, вона є зручним і точним інструментом, за допомогою якого користувач може розрахувати можливості генерації та втрати у системі і, відповідно до результатів, прийняти рішення щодо рентабельності проекту

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. DS New Energy. URL: <http://surl.li/rvprnr>.
2. System Advisor Model (SAM). URL: <https://sam.nrel.gov/>.
3. В. В. Панченко, Р. О. Харін, Дослідження втрат енергії в сонячній електростанції на тяговій підстанції. URL: <http://surl.li/rvprvy>.

*Актуальність дослідження.* Однією з важливих інженерних концепцій, спрямованих на покращення ефективності перетворення сонячної енергії в різні форми енергії, є розробка і впровадження гібридних фотоелектричних панелей (ГФП), які охолоджуються рідиною [1].

*Мета досліджень* - огляд особливостей конструкцій ГФП, які розробляються у світі.



Рисунок 1 - ГФП Solimpeks  
Excell 540 Вт



Рисунок 2 - ГФП Solarus  
PowerCollector Hybrid PC2S

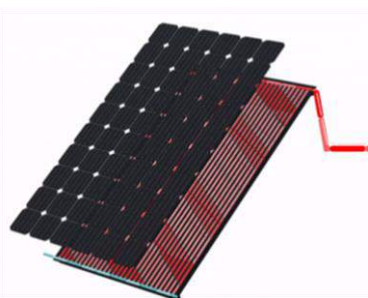


Рисунок 3 - ГФП DualSun

*Основні матеріали досліджень.* Сонячний колектор Excell 540 Вт від Solimpeks - це система, що поєднує в собі фотовольтаїчні модулі та сонячні колектори і призначена для одночасного виробництва електроенергії та тепла [2]. Це стале джерело енергії для виробництва гарячої води для локальних мереж, яке може бути встановлено як на житлових будинках, так і на комерційних або промислових спорудах, дозволяючи забезпечити виробництво електроенергії та тепла для різних потреб (рис. 1).

*Solarus PowerCollector Hybrid PC2S* - це інноваційна технологія, яка використовує вакуумні трубки та оптичний концентратор для максимального збору сонячного випромінювання та ефективного виробництва як електроенергії, так і тепла [3]. Особливостями технології Solarus PowerCollector є оптичний концентратор, що використовується для збільшення концентрації сонячного випромінювання на вакуумних трубках, які мають внутрішній покрив з покращеними відбиваючими властивостями, що дозволяє зберегти тепло та підвищити ефективність збору енергії (рис. 2).

*DualSun* - творець першої у світі сертифікованої ГСП, виготовленої у Франції, для подвійного перетворення сонячної енергії [4]. Завдяки сонячній технології 2-в-1 гібридна панель DualSun SPRING виробляє електроенергію на лицьовій стороні, а потім відновлює додаткову енергію для нагрівання циркулюючої води за допомогою інноваційного теплообмінника на тильній стороні (рис.3).

Потік води в теплообміннику має 2 переваги: dual heat (вода може досягати температури до 70°C і може використовуватися для задоволення різних потреб будівлі в опаленні); dual boost (вода також охолоджує фотоелектричні елементи і збільшує генерацію електроенергії на 5-15% в залежності від використання).

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Halko S., Suprun O., Miroshnyk O. Influence of temperature on energy performance indicators of hybrid solar panels using cylindrical cogeneration photovoltaic modules. 2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2021. P. 132-136. <https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569975>
2. Solimpeks Excell 540 Вт. <https://www.solimpeks.com/en/pv-t-hybrid-panel>.
3. Solarus PowerCollector Hybrid PC2S. <https://solarus.com/en/solutions/>
4. DualSun SPRING 4. <https://dualsun.com/en/products/dualsun-spring/>

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ З СОНЯЧНИМИ  
ЕЛЕКТРИЧНИМИ СТАНЦІЯМИПастушенко Р. Р. студент, e-mail: [roman.r.p21@ukr.net](mailto:roman.r.p21@ukr.net)

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

Державний біотехнологічний університет

*Мета дослідження:* дослідити роботу електричних мереж із сонячними електростанціями, дослідити як зміниться енергоспоживання з мережі при використанні сонячних електростанцій.

*Основні матеріали дослідження.*

Електричною мережею (ЕМ) називають сукупність електроустановок для передавання і розподілу електричної енергії, що складається з підстанцій, розподільчих пристроїв, струмопроводів, повітряних і кабельних ліній електропередавання, які працюють на певній території.

Сучасні технології у сфері електромереж надають безліч можливостей для зменшення фінансових та енергетичних втрат. У даному дослідженні увагу було приділено можливості використання 100% генерації сонячних електростанцій у мережі та компенсування необхідної потужності у електромережі за допомогою інших електростанцій. Оскільки генерація енергії у сонячних електростанціях залежить від багатьох факторів, а саме: часу, пори року, хмарності, погоди в цілому, неможливо спрогнозувати сталу потужність такої станції.

Таблиця 1 - Середньо місячна потужність для СЕС 5 кВт

	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад
Рміс	140	227	397	586	600	630	520	729	525	491	306
Рсер	4,5	7,3	12,8	18,9	19,4	20,3	16,8	23,5	16,9	15,8	9,9

Данна таблиця наглядно демонструє можливості енерго-заощадження. Таким чином можливо зменшити генерацію наприклад на теплоелектростанціях у денний час, що буде дуже вигідно оскільки саме в цей період споживається найбільше електроенергії.

*Висновки:* Отже, дослідження роботи електричних мереж із сонячними електростанціями є дуже актуальним. Оскільки для коректної та ефективної роботи сонячних електростанцій паралельно з іншими об'єктами енергосистеми необхідно враховувати змінну енергогенерацію та системно коректувати генерацію інших електростанцій для запобігання профіциту виробництва в енергосистемі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аналіз моделей прогнозу генерації електричної енергії СЕС *Мороз, О. М.; Мельник, А. Р.*
2. Особливості прогнозування генерації промислової СЕС *Мороз, О. М.; Павлов, А. О.*
3. Проблема інтегрування приватних сонячних електростанцій в розподільні електричні мережі *Жарков, В. Я.; Жарков, А. В.*
4. <https://repo.btu.kharkov.ua/handle/123456789/10333> Наукова бібліотека ДБТУ



## ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЙ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Пиріг М. М., магістр, e-mail: [mihajlovaimsg@gmail.com](mailto:mihajlovaimsg@gmail.com)

Науковий керівник проф. Михайлова Л. М.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Відновлювана енергетика є пріоритетною у здійсненні «зеленого» переходу від шкідливого для клімату викопного палива до «чистих» відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), а також забезпеченні сталого доступу до енергії у всьому світі.

Упродовж багаторічної історії розвитку сонячної енергетики було розроблено низку різноманітних видів сонячних батарей, які охоплюють 3 покоління технологій: кремнієві (перше покоління), тонкоплівкові (друге покоління) і органічні (третє покоління).

Типи сонячних елементів (СЕ) другого і третього поколінь різняться в залежності від ефективності, вартості, довготривалості, підходів щодо отримання матеріалів та їхньої модифікації. Основну увагу приділяють матеріалам, що поглинають світло: від неорганічних моно- і полікристалічних напівпровідників до органічних, полімерних і гібридних сполук.

Технології першого покоління залишаються основним рушієм розвитку сонячної фотоелектричної галузі і досі займають більшу ринкову частку (95%)[1]. Тандемні та перовскітові технології (tandem and perovskite technologies) також пропонують цікаві рішення однак, на шляху до масового виробництва необхідним є вирішення питань ціноутворення та міцності комірок. Зміна архітектури комірок (cell architecture) дозволила досягти більш високого рівня ефективності, зокрема, за рахунок двосторонніх (двоконтурних) комірок та модулів (bifacial cells and modules), або завдяки технології PERC — пасивованого (діелектричного) шару на зворотному боці комірки (Passivated Emitter Rear Cell — PERC), а також поєднанню з іншими інноваційними елементами, такими як половинчасті комірки (half-cut cells) та інші (рис 1).

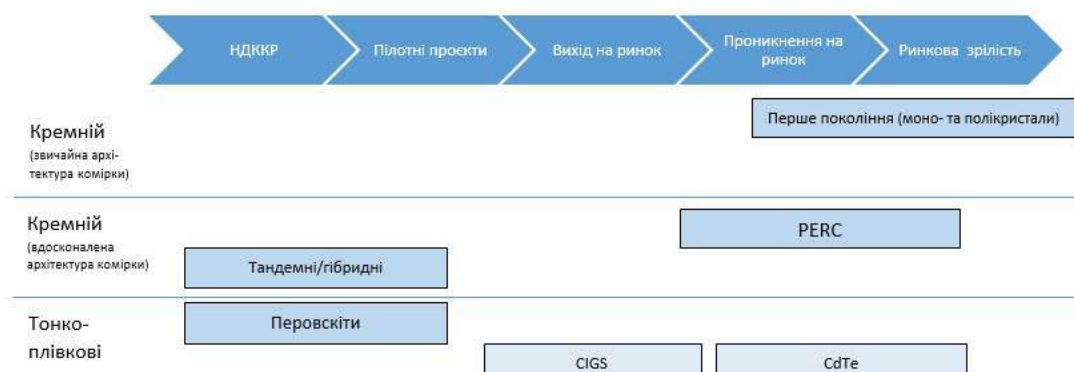


Рисунок 1 - Стадії розвитку сонячних фотоелектричних технологій (Solar PV)

Комірки з міді, індію, галію, селеніду (Copper indium gallium selenide cells (CIGS) CIGS cells) мають високий рівень ефективності (22,9%) порівняно з комірками з кристалічного кремнію. Однак, виробництво комірок CIGS може ускладнитись з огляду на рідкість такого елемента, як індій (indium) та складнощів їхнього великомасштабного виробництва. Комірки з використанням сполуки телуриду кадмію (Cadmium telluride (CdTe) досягли ефективності на рівні 21%, і подібно до комірок CIGS, характеризуються достатнім рівнем поглинання випромінювання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

3. Future of Solar Photovoltaic, Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects, <https://www.irena.org/publications/2019/Nov/Future-of-Solar-Photovoltaic>.

4. Перспективні технології фотоелектричної сонячної енергетики. [https://razumkov.org.ua/statti/perspektyvni-tekhnologii-fotoelektrychnoi-soniachnoi-energetyky#\\_ftn5](https://razumkov.org.ua/statti/perspektyvni-tekhnologii-fotoelektrychnoi-soniachnoi-energetyky#_ftn5).



## АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО ВПЛИВУ ГІДРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ЕКОЛОГІЮ

Порада А. В., аспірант, e-mail: [andreyporada@ukr.net](mailto:andreyporada@ukr.net)

Науковий керівник проф. Шевченко В. В.

Національний технічний університет «ХПІ»

Глобальною проблемою нашої цивілізації є проблема збереження безпечного стану довкілля – екологічні проблеми. При виборі варіантів напрямів розвитку енергетики найважливішим питанням є питання екологічних наслідків експлуатації обраного джерела енергії.

Передбачалося, що в таких умовах зросте роль гідроенергетики. Проте, аналіз світових тенденцій розвитку електроенергетики показав, що в перспективі на всі види гідроенергетичних споруд припадатиме не більше 5% загального вироблення електроенергії, тож в перспективі буде зменшення вкладу в загальну енергосистему. Відомо, що натепер найбільше уваги приділяється викидам вуглекислого газу та токсичних оксидів азоту та сірки від ТЕС на органічному паливі, а також радіаційним забрудненням від АЕС. Але ці забруднення відомі, їх порівняно легко можна виміряти та лімітувати за допомогою відомих технологій. Також ТЕС та АЕС є джерелами теплового впливу на довкілля, але для ГЕС зазвичай ці фактори не аналізуються. Але вже натепер встановлена потужність ГЕС і ГАЕС в Об'єднаній енергетичній системі України складає 7350 МВт. Тому крім загальних проблем гідроенергетики: затоплення великих територій, вплив на якість води, на флору та фауну регіонів тощо, – стало питання чи можна не враховувати теплові додатки в атмосферу від ГЕС,

Розглянемо енергетичний баланс при перепаді висоти греблі ( $H$ ) з витратою води ( $G$ ). З певною точністю можна вважати, що для сучасних ГЕС з ККД  $\eta \approx 90-95\%$  майже весь статичний натиск ( $p = \rho \cdot q \cdot H$ ) падаючої води перетворюється на питому потужність, що йде до споживача ( $N/G$ ). Запишемо рівняння енергетичного балансу для стаціонарного потоку рідини, що не стискається (рівняння Бернуллі):

$$\frac{\rho \cdot V^2}{2} + \rho \cdot g \cdot H + P = \frac{\rho \cdot V^2}{2} + P = \text{const.}$$

де  $\rho$  – щільність води;  $V$  – швидкість потоку води;  $H$  – висота греблі;  $P$  – тиск води;  $q$  – прискорення вільного падіння.

На ГЕС у режимі неробочого ходу  $N=0$  потенційна енергія скинутої води повністю переходить у втрати:  $\Delta N = G \cdot q \cdot H = c_p \cdot G \cdot H$ . Тоді  $G \cdot q \cdot H = c_p \cdot q \cdot \Delta T$ , що викликає підвищення ентропії системи:  $\left(\frac{\partial S}{\partial T}\right)_p = \frac{c_p}{T}$ , (де  $c_p$  – ізобарна теплоємність системи, Дж/К). Вважаємо, що швидкісний тиск не змінюється, тоді  $G = \rho \cdot V \cdot S = \text{const.}$  При цьому йде підвищення температури потоку, що прямо пропорційне перепаду висот:  $\Delta T = q \cdot H / G$ , °С. Розрахунки показують, що 64 м водоскиду (Дніпро-ГЕС-1) забезпечують приріст температури води на  $\Delta T = 0,18$  °С, а експлуатація ГЕС сумарною потужністю 1579 МВт на річці з витратою води  $G = 160,3 \cdot 10^6$  м<sup>3</sup>/доба, при натиске з греблі в 64 м, еквівалентна зніманню теплової потужності  $Q = 1450 \cdot 10^6$  ккал/рік, яка розсіюється у природних умовах. Тож природне тепловиділення при скиданні води можна порівняти з тепловими скиданнями великої ТЕС, потужність якої в значеннях для наведеного прикладу становить  $4 \times 300 + 3 \times 200 = 1600$  МВт. А взимку вони можуть перевищувати викиди тепла від ТЕС аналогічної потужності Каскадна споруда великих ГЕС (наприклад, Дніпровський каскад ГЕС) збільшує результати ще 4-5 разів. Наведені оцінки свідчать про суттєвий вплив роботи ГЕС на тепловий режим району розташування станції, що ускладнює екологічну обстановку.

**Висновок:** при комплексній оцінці негативного впливу різних факторів на екологію та на зміну клімату необхідно враховувати теплові впливи великих ГЕС та гідроспоруд на навколишнє середовище.

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗБІЛЬШЕННЯ ККД СОНЯЧНИХ ФЕМ

Постернак О. С, студент, e-mail: [posternak.i@gmail.com](mailto:posternak.i@gmail.com)

Науковий керівник доц. Постернак І. М.

Одеська державна академія будівництва та архітектури, Одеса, Україна.

Британська компанія *Cambridge Photon Technology* вважає, що знайшла спосіб значно збільшити ККД кремнієвого сонячного елемента до 35%, подолавши фізичне обмеження – фундаментальну межу Шоклі-Квіссера. Група *Cambridge Photon Technology* оголосила, що знайшла спосіб припинити ці втрати шляхом перетворення фотонів з вищою енергією на фотони з нижчою енергією, але які зможе використовувати сонячний елемент [1...3].

Новий метод, заснований на явищі «розподілу синглетного екситону», було розроблено командою з Кембриджського університету [1...3]. Коли світло потрапляє на фотоелектричний матеріал, воно створює екситон, у якому негативно заряджений електрон та позитивно заряджена дірка пов'язані електростатичним зарядом. Але якщо матеріал, на яке насамперед падає світло, наприклад, спеціальний органічний полімерний напівпровідник, то фотон може створити не один, а два менш енергійні екситони, тоді вони вже зможуть викликати електричний струм. Тобто, створюється більш інтенсивний потік фотонів у тій частині спектру, яку кремній може добре перетворювати на електрику.

Інженери компанії розробили плівковий фотоелектронний помножувач, що складається з шару органічного полімеру під назвою пентацен, «засіяного» квантовими точками селеніду свинцю – невеликими світловипромінюючими частками неорганічного матеріалу. Полімер поглинає сині та зелені фотони та перетворює їх на пари екситонів. Ці екситони перетікають у квантові точки, які поглинають їх та випромінюють фотони червоного чи інфрачервоного випромінювання з меншою енергією. Коли плівку розміщують поверх кремнієвого сонячного елемента, світло від квантових точок падає на кремній. Разом з цим червоні та інфрачервоні хвилі безпосередньо від Сонця вільно проходять через полімерну плівку та потрапляють на кремній. У результаті на кремній потрапляє більше придатних для використання фотонів, збільшуючи виробництво електричного струму.

Цей метод «подвійного екситону» теоретично може збільшити потенційну ефективність перетворення сонячних елементів до 35%. Поки що в компанії сподіваються створити прототип, який перетворить близько 31% сонячного світла на електрику.

Метод накладання екситонового фільтра на кремнієву пластину – це найбільш технологічне рішення. Фільтр – простий, нетоксичний матеріал без електричних з'єднань, що дуже мало ускладнює діючу конструкцію. Плівковий електрофотонний помножувач компанії може легко вписатись у наявні виробничі процеси. Готову плівку можна продавати виробникам сонячних панелей для розміщення на діючих фотоелектричних модулях. Простіший підхід може полягати в тому, щоб продавати виробникам готове рішення – це або шар вінілацетату, що покриватиме кремній, або скло з шаром покриття, що накриває готові сонячні елементи. Очікується масовий випуск продукту в 2025 році.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Increasing the efficiency of solar panels. *www.cambridgephoton.com: Cambridge Photon Technology (CPT)*. URL: <https://www.cambridgephoton.com/>
2. Solar cells that make use of wasted light (The start-up Cambridge Photon Technology is developing photovoltaic materials that take full advantage of the Sun's spectrum). *www.nature.com: Nature is a weekly international journal*. 24 June 2021. URL: <https://www.nature.com/articles/d41586-021-01673-w>
3. Прорив у ефективності кремнієвих панелей. *Веб-сайт aw-therm.com.ua: спеціалізований ресурс Air Water Therm. (Розділ. Статті. Новини)*. 03 листопада 2022р. URL: [https://aw-therm.com.ua/kremniyevi-paneli-proriv-u-efektivnosti?fbclid=IwAR15GyScTKgd\\_fLVS-K8gdu\\_u-jfLU4NLGHLd5FbF\\_IjUyPq4WEizJvFEPu](https://aw-therm.com.ua/kremniyevi-paneli-proriv-u-efektivnosti?fbclid=IwAR15GyScTKgd_fLVS-K8gdu_u-jfLU4NLGHLd5FbF_IjUyPq4WEizJvFEPu)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ЛІТІЙ-ІОННИХ БАТАРЕЙ СЕС  
ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ SAMРуденко С.О., бакалавр, e-mail: [rudenko.so@ukr.net](mailto:rudenko.so@ukr.net)Науковий керівник проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Найбільше перспективними акумуляторними батареями для сонячних електростанцій (СЕС) є літій-залізо-фосфатні акумулятори LiFePO<sub>4</sub> (LFP) та літій-нікель-марганцево-кобальт-оксидні (NMC). Порівняльний аналіз цих типів батарей дозволяє стверджувати, що акумулятори LiFePO<sub>4</sub> не бояться глибоких розрядів, можуть зберігатися у розрядженому стані, можуть встановлюватися в любых положеннях, що не вплине на їх працездатність, а також вони є безпечнішими, ніж батареї NMC, оскільки вони менш схильні до перегріву та мають менший ризик займання або вибуху. Крім того, матеріали LFP-батареї набагато менш токсичні, ніж у NMC, тому їх легше переробляти після закінчення терміну служби.

Протягом періоду експлуатації акумуляторних батарей відбувається процес їх деградації. Існує два механізми деградації [2]: 1) зменшення ємності акумулятора через старіння, незалежно від способу використання акумуляторів; 2) зменшення ємності акумулятора через кількість циклів заряджання/розряджання. Дослідження зміни ємності акумуляторних батарей в залежності від кількості циклів заряду та розряду (циклів деградації) за допомогою програми SAM [3] дозволяє оцінити тривалість експлуатації батарей і відповідно передбачати необхідність їх заміни, що в свою чергу впливає на економічні показники станції.

Результати моделювання допустимої кількості циклів заряду та розряду LFP-батареї в залежності від глибини розрядки DoD (Depth of Discharge) приведені на рис. 1.

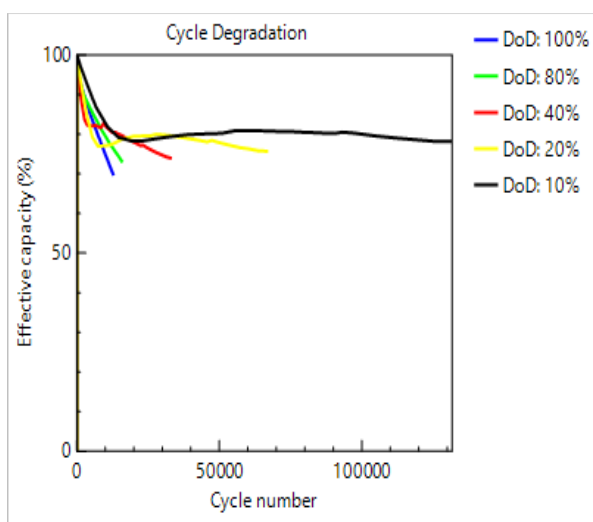


Рисунок 1 – Результати моделювання життєвих циклів LiFePO<sub>4</sub> батареї

Як видно при глибинах розрядки до 100% кількість циклів, при якій ємність зменшується до 70% від початкової ємності, складає 12920, при глибинах розрядки до 80% - кількість циклів 16000 і відповідно ємність 73%, при глибинах розрядки до 40% - кількість циклів 33290 і відповідно ємність 75%, при глибинах розрядки до 20% - кількість циклів 67140 і відповідно ємність 76%, при глибинах розрядки до 10% - кількість циклів 131600 і відповідно ємність 78,2%. Таким чином зменшення глибини розрядки батарей призводить до суттєвого збільшення циклів заряду та розряду, але при цьому зменшується кількість електричної енергії, яка може бути використана за один цикл.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. BU-205: Types of Lithium-ion. URL: <http://surl.li/qtcb1>.
2. SAM Photovoltaic Model Technical Reference Update. Paul Gilman, Aron Dobos, Nicholas DiOrio, Janine Freeman, Steven Janzou, and David Ryberg. National Renewable Energy Laborator. 93 с. URL: <https://www.nrel.gov/docs/fy18osti/67399.pdf>.
3. Modeling Battery Systems in SAM 2020.2.29: Focus on Technology. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=BsyKHxwHfmY&t=1296s>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

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

Науковий керівник доц. Серета А. І.  
Державний біотехнологічний університет

В даний час в багатьох країнах світу зростає інтерес до використання поновлюваних джерел енергії. Їх плюси очевидні - практична невичерпність ресурсів, повсюдне поширення багатьох з них, відсутність паливних витрат і викидів шкідливих речовин в навколишнє середовище. Вони характеризуються екологічною чистотою, високою безпекою, багато з них повсюдно доступні, а їх ресурси в багато разів перевищують доступні для огляду потреби в енергії всього людства.

Підвищення економічної ефективності комбінованих систем автономного електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії за рахунок оптимізації їх складу. В процесі використовувались теоретичні основи використання поновлювальних джерел енергії, енергетичний потенціал України, загальний та територіальний розподіл ресурсів, сучасний стан розвитку нетрадиційних джерел енергії в Україні та світі, а також досвід країн Європи із застосування нетрадиційних джерел енергії. Розроблено методику, що визначає оптимальний склад і параметри комбінованої системи автономного електропостачання на основі поновлювальних джерел енергії, характеристик використовуваного обладнання, включаючи очікувані змінні графіки споживання енергії.

Установки на основі відновлювальних джерел енергії найбільш перспективні на даний момент для автономного електропостачання. Найбільш раціонально при цьому комбіноване використання відновлювальних джерел. Сонячна і вітрова енергія зазвичай доповнюють один одного - як правило, при похмурій погоді вітру сильніше, а в сонячні дні слабше, що дає можливість використовувати установки у складі гібридної системи значно менших потужностей. Такі джерела енергії, як сонце і вітер, характеризуються високою нерівномірністю надходження енергії, тому їх комбіноване використання спільно з менш схильними випадковим факторам джерелами малим водотоком, дозволяють підвищити якість і безперебійність електропостачання.

Підвищити ефективність автономних систем електропостачання можна також завдяки використанню сучасної компонентної бази об'єднаною спеціалізованою автоматичною системою керування й контролю (АСУК), здатної до оперативного розпізнавання конкретних ситуацій, що виникають у системі, і відповідної до реакції на них згідно із заздалегідь виробленими алгоритмами. Подібного роду системи можуть бути не просто новітніми системами електропостачання, але й частиною розвитку сучасної енергетики - концепції Smart Grids («розумні» мережі). Таким чином, дослідження з формування сучасних комбінованих систем автономного електропостачання на основі ПДЕ є актуальним і своєчасним.

У результаті проведених досліджень розроблено методику та програмний комплекс, що визначає оптимальний склад і параметри комбінованої системи автономного електропостачання на основі відновлювальних джерел енергії з урахуванням кліматичних та географічних умов експлуатації, характеристик використовуваного обладнання, включаючи очікувані змінні графіки споживання енергії.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасні системи автономного електропостачання з використанням відновлюваних джерел енергії/ В. В. Симакін, А. В. Смірнов, А. В. Тихонов, И. И. Тюхов // Энергетик. - 2015. - № 3. - С. 22-26.
2. ТОВ «ФЛАЙ-ТЕК [Електронний ресурс] - Режим доступу : <http://nv-tech.com.ua>

АЛГОРИТМ МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ  
ТА УПРАВЛІННЯ МІКРОМЕРЕЖІ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Серов Л. О., аспірант, e-mail: [leonidserov@gmail.com](mailto:leonidserov@gmail.com)

Науковий керівник доц. Назаренко І. А.

Національний університет «Запорізька політехніка»

Мікромережі постійного струму (ММПС) є перспективним рішенням для інтеграції розподіленої генерації в основну мережу. Вони можуть працювати в режимі підключення до мережі та в автономному режимі.

Використання методів машинного навчання для визначення неполадок і оптимізації роботи системи контролю і інтеграції ММПС є передумова надійної та сталої роботи мікромережі.

На сьогоднішній день існує кілька комерційних рішень машинного навчання, які використовуються для діагностики та управління мікромережами, але вони не є доступними для малих суб'єктів господарювання. Для таких суб'єктів господарювання необхідні алгоритми машинного навчання для діагностики неполадок з найменшими перешкодами на шляху впровадження та комерціалізації.

Для створення алгоритму машинного навчання для діагностики та управління ММПС пропонується проведення стандартизації компонентів мікромережі використовуючи концепцію будівельних блоків [1], що дозволить створити навчальну базу даних з реальних вимірювань.

Впровадження ієрархічна системи ММПС забезпечить ефективне функціонування мікромережі, включаючи рівні для керування, моніторингу, безпеки та координації енергетичних процесів [2].

Для алгоритму машинного навчання запропоновано використання методу опорних векторів (SVM), котрий навчається на прикладах та використовується для класифікації об'єктів [3]. Результати вимірювань від контрольних датчиків порівнюються із класифікаторами на основі методу опорних векторів, для прийняття рішення згідно закладеного алгоритму.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. С. -С. Liu et al. Microgrid Building Blocks: Concept and Feasibility. IEEE Open Access Journal of Power and Energy. 2023. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/oajpe.2023.3282188> (date of access: 18.03.2024).
2. A. R. R. Dow's et al. Testing and Characterization of Fault Scenarios of a Hierarchical DC Microgrid for Residential Applications. 2023 Grid of the Future Symposium. 2023.
3. M. Zaben et al. Machine Learning Methods for Fault Diagnosis in AC Microgrids: A Systematic Review. IEEE Access. 2024. P. 1. URL: <https://doi.org/10.1109/access.2024.3360330> (date of access: 18.03.2024).



## ЗАРЯДКА АВТОМОБІЛЬНИХ АКУМУЛЯТОРІВ ВІД СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ

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

Наукові керівник проф. Михайлова Л. М.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

У енергосистеми житлових приміщень сонячні батареї проникли досить давно. Але автомобілі, які оснащуються зарядками акумулятора від енергії сонця, поки що є рідкістю. Хоча вже є серійні зразки, які використовуються у реальних умовах.

Практично всі автолюбители знайомі з проблемою розрядки акумулятора автомобіля в невідповідний момент. Вирішити питання заряджання акумулятора можна кількома способами [1].

Перший варіант - де сонячна батарея для підтримки заряду акумулятора.

Таке рішення підійде якщо транспортний засіб довго стоїть без руху і не використовує струм бортової мережі.

Сонячні батареї малої потужності 7-18 Вт встановлюється як зовні так і всередині автомобіля і підключаються безпосередньо до клем АБ, або за допомогою штатного роз'єму прикурювача.

Другий варіант - сонячна батарея для заряджання акумулятора.

Це спосіб підходить, якщо потрібно швидко заряджати акумулятор великої ємності, а також якщо планується під час стоянки використовувати струм бортової мережі для заряджання телефону, ноутбука наприклад або авто холодильника.

У такому випадку рекомендується використовувати сонячні зарядки потужністю від 40 до 100 Вт. Такі пристрої зможуть зарядити акумулятор ємність 60 А\*год за 7-18 годин. Крім зарядки АКБ можна зарядити телефон, планшет, ноутбук і живити автохолодильник.

Для якісного заряду стартерного кислотно-свинцевого акумулятора необхідно періодично перевіряти густину електроліту і правильно виставити струм на контролері заряду. Струм повинен бути рівний 0,1 від ємності акумулятора.

Один з варіантів підключення акумуляторів представлено на рисунку 1.



Рисунок 1 - Схема підключення АКБ

У цьому варіанті задіяні два акумулятора 65 і 60 А\*год, ШІМ контролер, сонячні модулі. ШІМ контролер відмінно підтримує заряд акумуляторів протягом світлового дня як при паралельній роботі акумуляторних батарей, так і при роздільній роботі. При паралельній роботі ємність акумуляторів збільшується, і запуск двигуна в холодний період часу проходить досить легко. При роздільному роботі система

ділиться на дві незалежні частини – генератор – акумулятор, сонячні модулі, ШІМ контролер і акумулятор.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сонячна батарея для автомобільного акумулятора. <https://solpower.com.ua/ua/info/solnechnaya-batareya-dlya-avtomobilnogo-akkumulyatora>.
2. Ribeiro P. F., Johnson B. K., Crow M. L., Arsoy A., Liu Y. Energy Storage Systems for Advanced Power Applications // Proceedings of the IEEE, 2001. – Vol. 89. – No. 12. – P. 1744–1756.

## ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІД ВІТРОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Сніжко А. О., магістр, e-mail: [snigko\\_a@ukr.net](mailto:snigko_a@ukr.net)

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

Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження зумовлена енергетичною стратегією України, яка полягає в тому що до 2035 року частка виробленої електроенергії ВДЕ повинна складати 25% від загального виробітку в країні. Згідно зобов'язаннями перед Європейським енергетичним співтовариством, Україна повинна збільшити частку ВДЕ в енергобалансі країни до 11% [1, 2].

Тому питання дослідження роботи вітроелектричних станцій в електричній мережі є дуже актуальним, бо для найефективнішої роботи ВЕС необхідно володіти певними знаннями. Вибір місця будівництва електричної станції, розробка головної схеми видачі потужності, вибір типу генератора та турбіни вітроелектричної установки, дослідження впливу ВЕС на аварійні режими в електричній мережі – все це є необхідним для вивчення при проектуванні вітроелектричних станцій [3].

Вітроенергетика в світі розвивається дуже стрімкими темпами, адже згідно даних Міжнародної Асоціації Вітроенергетичного товариства, на кінець 2024 року встановлена потужність всіх вітроелектричних станцій в світі становить більше ніж 600 ГВт [4].

Україна не залишилася осторонь від розвитку вітроенергетичної галузі. Енергетика є визначальною галуззю для розвитку економіки України, без її розвитку прогрес в країні не можливий.

Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру.

На сьогоднішній день в Україні кількість ВЕС великої потужності становить 14. Загальна встановлена потужність становить близько 800 МВт.

У більшості розвинених країн в умовах державного стимулювання виробництва електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії за останні роки досягнуто значного прогресу в будівництві і використанні вітроелектричних установок (ВЕУ). Загальні потужності світових вітрогенераційних установок щорічно збільшуються.

Світовий приріст вітроенергетики в 2024 році склав 8,4%. Саме стрімкий розвиток вітроенергетичний ринок отримав в Бразилії, Польщі, Китаї та Туреччині - в цих країнах динаміка приросту показала найвищий рівень. Китай як і раніше займає перше місце в цьому списку, причому країна також стала світовим лідером і в галузі сонячної енергетики.

Висновки. Вітроенергетика розвивається в світі дуже стрімкими темпами та кожного року приріст встановленої потужності становить 50-60 ГВт. Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії та має перспективні для будівництва місця.

## 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. С.О. Кудря, В.І. Богда. Вступ до спеціальності. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Курс лекцій. – К.: НТУУ «КПІ», 2013. – 387 с.
3. Півняк Г., Шкрабець Ф., Нойбергер Н., Циценков Д. Основи вітроенергетики: підручник. М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 335 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ ГЕНЕРАЦІЇ СЕС ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ MATLAB/SIMULINK

Сотнік О. В., аспірант, e-mail: [sidi.leha@gmail.com](mailto:sidi.leha@gmail.com)

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

Україна має значний потенціал сонячної енергії, біля  $1235 \text{ кВт*год/м}^2$ , що сприяло стрімкому розвитку сонячної енергетики. Воєнний стан та чинне законодавство спричинили зниження інвестиційної привабливості України в розвитку відновлювальної енергетики. Вперше з 2015 року відбувся відтік інвестицій, який у 2020 році склав \$868,2 млн [1]. Запит на сонячні електростанції (СЕС) в Україні залишається значним. Для отримання достовірної інформації, в умовах коли немає можливості «вживу» досліджувати роботу СЕС комп'ютерне імітаційне моделювання елементів енергетичних систем забезпечує таку можливість. Найбільш доступним, та таким, що має широкі можливості є пакет MATLAB (MathWorks Inc.) з пакетом розширення (toolbox) Simulink [2]. Основними параметрами зовнішнього середовища, які мають основний вплив на генерацію електроенергії фотоелектричними модулями (ФМ), є інтенсивність сонячної радіації та температура модулів. Моделювання СЕС починається з визначення географічних координат розташування СЕС, потім обираються способи установки і орієнтації ФМ: кут нахилу, азимут, тип кріплення модулів. Далі здійснюється вибір типу і кількості ФМ та інверторів. Програмний комплекс «PVSyst» дає можливість отримувати інформацію про рівень інсоляції на похилу або горизонтальну поверхні з урахуванням реальної хмарності за кожен годину конкретного дня, місяцю, року. На рис. 1 представлено загальний вигляд моделі для дослідження роботи СЕС у MatLab/Simulink.

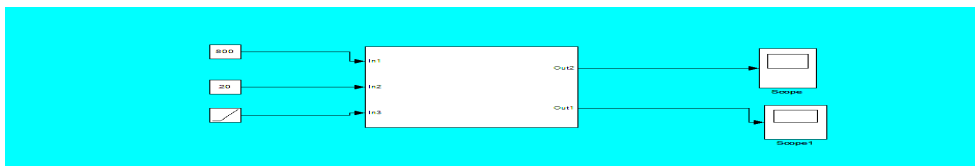


Рисунок 1 – Вигляд блоків моделі для дослідження роботи СЕС у MatLab/Simulink

1 – визначає інтенсивність сонячного випромінювання; 2 – визначає температуру навколишнього середовища; 3 – визначає зміни напруги при зміні температури ФМ; 4 – Subsystem (Solar Panel) – підсистема розрахунку потужності СЕС; 5, 6 – Scope – осцилографи

Параметри блоку Subsystem (Solar Panel) наведено на рис. 2.

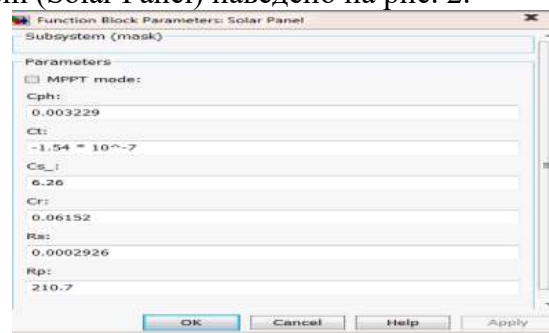


Рисунок 2 – Налаштування блоку Subsystem (Solar Panel)

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зелений тариф по обидві сторони Чорного моря: Україна і Туреччина. URL: <https://www.epravda.com.ua>.
2. MATLAB “imagesc” function. URL: HYPERLINK

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ТА ЕКОНОМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ІЗ СОНЯЧНИМИ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯМИ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ SYSTEM ADVISOR MODEL

Тоберт М. Ю., аспірант, e-mail: [tobert.mikhail@gmail.com](mailto:tobert.mikhail@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

У 2022 році відновлювані джерела енергії (ВДЕ) забезпечили 30 % виробництва електроенергії у світі, і за прогнозами ця частка виросте до 50 % до 2030 року [1]. Майже 95 % цього зростання відбувається за рахунок сонячної фотоелектричної енергії та вітру, частка вітрової та сонячної фотоелектричної енергії в загальному виробництві зростає з 12 % до 30 %. Використання сонячних електростанцій (СЕС) в енергетичних системах вимагає проведення техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) проєктів, щодо їх технічної, економічної та фінансової доцільності, яке не можливе без використання програмних продуктів. Одним із таких потужних інструментів для моделювання та аналізу є безкоштовна програма System Advisor Model (SAM) [2]. Визначення можливостей цієї програми та правильне її використання значно покращує результативність досліджень.

Метою є проведення дослідження щодо вивчення можливостей програми SAM для прогнозування та визначення оптимальних розмірів та режимів роботи електричних систем із сонячними електростанціями.

Розробка проєкту СЕС за допомогою програми SAM починається з вибору нового проєкту (Start a new project) за таким вкладками: Photovoltaic – Detailed PV Modul – Distributed – Photovoltaic. Програма надає можливість вибору місця розташування та інформацію про сонячні ресурси (Location and Resource), ці дані є в базі програми і визначаються за координатами місця розташування СЕС, використовуючи статистичні дані за минулі роки спостережень Національної бази даних сонячної радіації (NSRDB) [3]. Програма також надає можливість вибору модулів та інверторів з їх повними характеристиками з бази SAM. Якщо конкретний модуль відсутній в базі, його можна додати самостійно ввівши його технічні характеристики за наступними вкладками: Module – СЕС Performance Model with User Entered Specifications і після чого отримати вольт-амперну характеристику модуля. Те ж саме можна зробити і з власним інвертором, якщо він відсутній в базі SAM, ввівши його технічні характеристики вручну за наступними вкладками: Inverter – Inverter Datasheet. В закладці System Design визначаються параметри СЕС по постійному та змінному струмах. Також у цій закладці визначається конфігурація станції, а також вибирається орієнтація модулів і коефіцієнт покриття поверхні землі (ground coverage ratio – GCR) для наземних СЕС. Програма крім технічних параметрів СЕС також дозволяє визначити економічні показники, для цього при моделюванні СЕС необхідно вказати фінансові параметри, зокрема капітальні витрати, витрати на монтаж СЕС та безпосередньо самі експлуатаційні витрати під час роботи станції, дохід від “зеленого” тарифу у вигляді Power Purchase Agreement (PPA).

Таким чином, вказавши всі необхідні вихідні дані можна отримати річну, місячну та погодинну продуктивність, коефіцієнт використання встановленої потужності, Levelised Cost of Energy (LCOE), net present value (NPV), окупність СЕС та її дохід. Використання програми SAM дозволяє змоделювати як технічні характеристики, так і економічні показники роботи СЕС, що забезпечує важливою інформацією інженерів, аналітиків та науковців, щодо прийняття доцільності будівництва та режимів експлуатації сонячних електростанцій.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. World Energy Outlook 2023. URL: <http://surl.li/rhkmm>.
2. System Advisor Model (SAM). URL: <http://surl.li/qzlxo>.
3. The National Solar Radiation Database. URL: <http://surl.li/rdblpl>.

## СИМУЛЯЦІЯ РУХУ СОНЯЧНОЇ ПАНЕЛІ ТРЕКЕРНОЇ СИСТЕМИ ВІДНОСНО СОНЦЯ В СЕРЕДОВИЩІ MATLAB SIMULINK

Тоберт О. Ю., магістр, e-mail: [tobert.sasha@gmail.com](mailto:tobert.sasha@gmail.com)Науковий керівник проф. Мороз О. М.  
Державний біотехнологічний університет

Сучасною тенденцією розвитку електроенергетики є інтенсивне використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ), особливо сонячної. Для максимальної генерації електричної енергії фотоелектричними панелями (ФЕП) використовуються трекерні системи, які відслідковують положення сонця і розміщують поверхню ФЕП таким чином, щоб сонячні промені попадали на поверхню модуля під прямим кутом. Такі трекерні системи дозволяють збільшити генерацію електричної енергії ФЕП на 30 % у порівнянні із стаціонарними системами.

Simulink є графічним середовище програмування на основі MATLAB для моделювання, симуляції та аналізу багатодомених динамічних систем. Його основний інтерфейс є графічним інструментом побудови блок-схем і має набір бібліотек блоків, які налаштовуються під потреби задачі. Трекерна система керування положенням ФЕП відносно сонця складається з ФЕП, приводного двигуна та контролера. Для моделювання системи використовуються диференційні рівняння руху ФЕП та приводного двигуна [1].

Для коректної роботи моделі до сонячної панелі слід додати двигун, за рахунок якого б створювався крутний момент для поступового обертання сонячної панелі та PI контролер, який в разі виявлення різниці між положенням сонця та сонячної панелі надасть напругу до двигуна, щоб панель була спрямована на сонце [2]. Модель сонячної панелі наведено на рисунку 1.

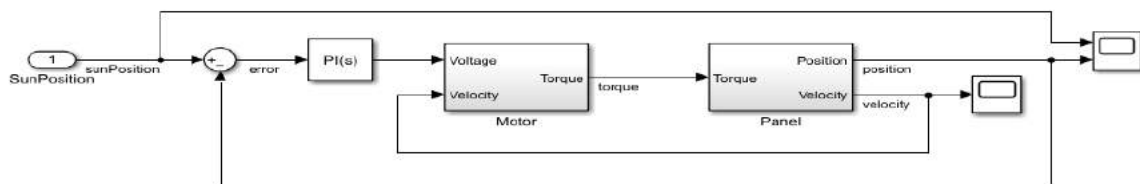


Рисунок 1 – Модель сонячної панелі

На рисунку 2 наведено результати симуляції створеної моделі: в залежності від положення сонця за допомогою контролера та двигуна здійснюється поступове обертання сонячної панелі навколо центральної стійки, що дозволяє збільшити кількість електроенергії, отриманої від сонячної панелі.

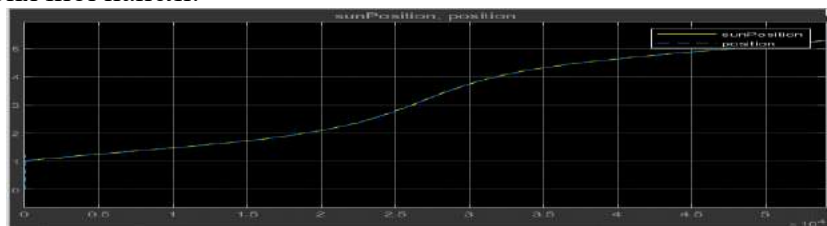


Рисунок 2 – Результати тестування моделі

Результати дослідження роботи моделі дозволили зробити висновок, що запропоновані рішення забезпечують високий рівень відслідковування положення поверхні сонячних панелей відносно сонця і забезпечити збільшення генерації електроенергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Getting Started with Simulink for Controls URL: <http://surl.li/megpu>
2. Ужеловський А.В., Ужеловський В.О., Ткачов В.С., Кравець Г.В. Імітаційна модель пристрою для автоматичної оптимізації орієнтації в просторі сонячної батареї. URL: <http://surl.li/megsp>.



Чим більший потік світла падає на сонячні модулі (СМ), тим більше потужності генерує СМ, щоб цього досягти найбільшої потужності найоптимальніше, щоб світло падало перпендикулярно до СМ. В цьому випадку фотон світла пройде найглибше у сонячну батарею, а саме в напівпровідник р типу, де він поглинеться (адсорбується) і створить вільні носії заряду для генерації електроенергії. Якщо ж фотони входять у батарею під іншими кутами, вони можуть не дійти до напівпровідника р типу (поглинуться до нього), або втратять занадто багато енергії на шлях до нього, що не вистачить на явище створення носіїв заряду і цей фотон буде просто втрачений. Отже слід проаналізувати цей аспект. Через астрономічні особливості обертання та руху Сонця та Землі положення Сонця відносно СМ постійно змінюється.

Земля обертається під кутом 23,5 градуса від перпендикуляру до площини її орбіти. Через те, що Земля обертається навколо своєї осі (обертання триває 24 години) сонце освітлює різні її ділянки з неоднаковою інтенсивністю. Це зумовлює той факт, що положення сонця змінюється на небі протягом дня. Через її нахил положення Сонця на небі змінюється протягом року (рис. 1.). Для спостерігача в північних широтах влітку, коли Північний полюс нахилений до Сонця, світлий час доби триває довше і Сонце в небі знаходиться вище. Це веде до більш високих середніх температур повітря. Взимку, коли Північний полюс відхиляється в протилежну від Сонця бік, ситуація змінюється на зворотню і середня температура стає нижче. За Північним полярним колом в цей час буває полярна ніч, яка на широті Північного полярного кола триває майже дві доби, досягаючи на Північному полюсі півроку. Таким чином положення Сонця відносно СМ змінюється і протягом дня, а також і протягом року. Тобто фіксоване встановлення СМ веде до постійної втрати потужності. Причому, нагадаємо, що її метрологічні характеристики були встановлені при куті 48,2 градуси, а параметри її роботи при інших кутах є невідомими.

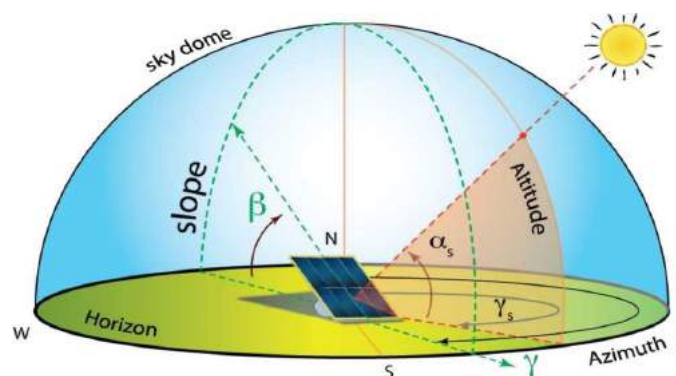


Рисунок 1 – Зміна положення та нахилу СМ для збереження перпендикулярного руху сонячного світла протягом року

Отже, в Кам'янці-Подільському слід встановлювати СМ фронтальною поверхнею на Південь з фіксованим нахилом в 39 градусів (80% від географічної широти 49 градусів) за умови відсутності можливості орієнтувати чи змінювати нахил СМ протягом дня і року. В будь-якому випадку слід оцінити співвідношення енергетичних і фінансових затрат на ці процедури та вигравш в зростанні електрогенерації для прийняття обґрунтованого рішення про доцільність таких складних керуючих систем.

ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗОВИХ СИСТЕМ ІЗ АДАПТИВНИМИ СИСТЕМАМИ  
КЕРУВАННЯЦарук О. В., магістр, e-mail: [alekseysaruk@gmail.com](mailto:alekseysaruk@gmail.com)

Науковий керівник д.т.н., проф. Шворов С. А.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Нині велика увага приділяється розробці та використанню альтернативних джерел енергії. Одним з таких джерел є біогаз, який утворюється при розкладанні органічних речовин та може бути отриманий шляхом зброджування органічних відходів та енергетичних рослин. Біогаз складається з 50-70 % метану та 50-30 % вуглекислого газу та після очищення від домішок може бути використаний для виробництва електроенергії, тепла, як автомобільне паливо та для інших цілей. Окрім того, використання біогазу може зменшити техногенне навантаження на довкілля, забезпечити альтернативне енергозабезпечення для тваринницьких ферм, сприяти утилізації органічних відходів на території енергонезалежних громад [2]. За останні десятиліття кількість установок анаеробного зброджування зросла завдяки їхній величезній користі для навколишнього середовища: скорочення викидів парникових газів (ПГ), забезпечення стійких енергетичних ресурсів (допомога у зменшенні залежності від викопного палива), зменшення негативних впливів біофракцій у відходах і постачання побічних продуктів, які можна використовувати в сільському господарстві.

Управління температурою є одним із основних аспектів роботи біогазової установки та впливає на фізичні та біохімічні процеси. Підвищення температури призводить до підвищення швидкості гідролізу вихідної сировини, при цьому може пригнічувати мікроорганізми, які беруть участь у різних стадіях анаеробного зброджування. Через складність біохімічних процесів у процесі анаеробного зброджування недостатньо знань про вплив температури та зміни температури на ефективність. Крім того, вплив перемішування безпосередньо впливає на розподіл температури в реакторах анаеробного зброджування.

Температура є одним із найважливіших параметрів конструкції та процесу в процесі анаеробного зброджування. Крім того, розподіл температури всередині реактора сильно залежить від перемішування. Результати цього дослідження показали, що на стабільність температури всередині метантенків може впливати низка факторів, таких як температура навколишнього повітря, об'єм реактора, вихідний матеріал та осадження. Крім того, вимірювання температури на різних висотах під час роботи показали нерівномірний розподіл температури всередині реактора. Однак, загалом, вплив цих невеликих температурних коливань ( $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) на ефективність виробництва біогазу не був значним і не відрізнявся на різних стадіях процесу анаеробного зброджування [1].

Таким чином, перепроектування систем нагрівання та змішування, а також застосування різних температур на різних етапах анаеробного зброджування може підвищити ефективність БГУ. Крім того, гнучкі та залежно від субстрату альтернативи управління можуть стати інноваційним рішенням для біогазових установок у майбутньому. Враховуючи терміновість дій та наявність технологій та інфраструктури, вкрай важливо вивчати та надалі розгортати існуючий потенціал для біогазових установок у економіці, енергетиці та екологічних системах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Onen Cinar S, Nsair A, Wiczorek N, Kuchta K. Long-Term Assessment of Temperature Management in an Industrial Scale Biogas Plant. Sustainability. 2022; 14(2):612. <https://doi.org/10.3390/su14020612>
2. Shvorov, S., Polishchuk, V., Lukin, V., Opryshko, O., & Davidenko, T. (2023). Адаптивна система з нечітким керуванням температурним режимом зброджування енергетичних культур у багатомодульних біогазових комплексах. Енергетика і автоматика, 0(5), 100-108. doi: [http://dx.doi.org/10.31548/energiya5\(69\).2023.100](http://dx.doi.org/10.31548/energiya5(69).2023.100)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОМБІНОВАНИХ  
ЕНЕРГЕТИЧНИХ КОМПЛЕКСІВ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Шальнев М. С., магістр, e-mail: [chalnevnikol@gmail.com](mailto:chalnevnikol@gmail.com)

Науковий керівник доц. Середа А. І.  
Державний біотехнологічний університет

На сьогоднішній день підвищений інтерес до використання відновлюваних джерел енергії очевидний, незважаючи на більшу вартість ніж традиційна енергія. Вони мають суттєві переваги з точки зору екології та соціальної значущості. Як правило, енергозабезпечення автономного споживача за рахунок відновлюваних джерел енергії намагаються забезпечити шляхом комбінації різних видів первинної та вторинної енергії. Автономний енергетичний комплекс повинен забезпечити надійне електро- і теплопостачання споживача. В роботі досліджується ефективність енергетичного комплексу, який складається з вітрових, теплонасосних, дизельних енергетичних установок із застосуванням системи акумуляції водню.

Розробка програмного забезпечення, дослідження параметрів і режиму роботи енергетичного комплексу який складається з вітрових, теплонасосних, дизельної енергоустановок системи акумуляції водню, що визначає оптимальний склад і параметри комбінованої установки на основі трьох ПДЕ (сонце, вітер, малий водотік) з урахуванням реальних кліматичних та географічних умов експлуатації, характеристик використовуваного обладнання, а також особливостей споживача, включаючи очікувані змінні графіки споживання енергії, згідно з критерієм економічності електропостачання споживача

Досліджуваний енергетичний комплекс повинен забезпечити надійну і безперебійну роботу системи енергопостачання. Для цього, залежно від типу і категорії споживачів, необхідно передбачити відповідні джерела енергії, які повинні згладжувати непостійність віддачі потужності вітроенергетичної установки в часі, в тому числі і джерела безперебійного живлення.

Системи автономного електропостачання на основі комбінованого використання генеруючих модулів поновлюваних джерел енергії повинно привести до наступних результатів:

- підвищити ефективність комбінованих систем;
- показати перспективність використання нового типу АБ - літій-залізо-фосфатних замість традиційних для енергетики свинцево-кислотних АБ, що дозволяє знизити собівартість електропостачання споживача КСАЕ-ПДЕ для розглянутих п'яти географічних точок;
- дати можливість підвищення напруги безпосередньо на виході генеруючих установок системи до вхідного інверторного, що дозволяє скоротити втрати електричної енергії при перетворенні до 16% (в середньому на 13%). Робота на підвищеній напрузі дозволяє також знизити струмові втрати в системі, додатково підвищивши загальний ККД. У свою чергу, поділ споживачів на групи дозволяє грамотно розподілити навантаження, збільшивши обсяги «прямого» споживання енергії, що дозволяє зменшити обсяги компенсованої енергії за допомогою накопичувача, а, отже, пов'язані з цим втрати енергії. створення каналів передачі даних із більш високою швидкістю передачі для систем SCADA і інших систем керування;

Щоб звести до мінімуму споживання органічного палива і найбільш ефективно перерозподіляти енергію вітру для покриття графіка навантаження, необхідно забезпечити енергетичний комплекс надійною системою акумуляції.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Автономні системи енергопостачання на базі ВДЕ: тенденції попиту та пропозиції [Електронний ресурс] - Режим доступу [http://cleandex.ua/opinion/2010/05/04/renewable energy independent system market interview](http://cleandex.ua/opinion/2010/05/04/renewable%20energy%20independent%20system%20market%20interview).

## ВИЗНАЧЕННЯ ЗОЛЬНОСТІ ПАЛИВА РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Шаповалов Д. В., бакалавр, e-mail: [nicoldondanya@gmail.com](mailto:nicoldondanya@gmail.com)Погурська А. В., бакалавр, e-mail: [annapogurska@gmail.com](mailto:annapogurska@gmail.com)

Науковий керівник доц. Волчок В. О.

Одеський національний технологічний університет

Протягом останніх років Україна впевнено входить до числа найбільших виробників насіння соняшнику на світовому ринку. Це призводить до утворення великої кількості лушпиння, яке є відходом виробництва. Вихід лушпиння становить 11-20% від маси насіння [1]. Лушпиння соняшника як паливо з біомаси часто залишається поза увагою. В останні десятиліття як паливо використовують деревину та сільськогосподарські відходи.

Наразі близько половини річного видобутку спалюється в котлах для виробництва тепла. Більша частина лушпиння у вигляді гранул і брикетів продається в європейські країни, де попит на них високий. Решта вивозиться на смітники, а певна кількість продається сільськогосподарським підприємствам.

Вміст і склад елементів золи рослин залежить від виду, умов зростання і розвитку рослини, зокрема особливостей ґрунту, клімату та агротехнічних умов вирощування. У свою чергу інтенсивність утворення зольних відкладень залежить від хімічної активності нанесеної на поверхні труб золи, інтенсивності випромінювання факела, температури поверхні труб, коефіцієнта надлишку повітря в топці та інтенсивності масопереносу від продуктів згоряння до поверхні.

Існує три методи експериментального визначення зольності палив: метод повільного озолення, метод прискореного озолення з природною вентиляцією та метод прискореного озолення з подачею кисню в муфельну піч. В ході досліджень було використано низку загальноприйнятих, стандартних та оригінальних методів вимірювання фізичних властивостей сировини, що забезпечило виконання поставлених завдань [2, 3].

Для отримання золи з сировини її повністю спалювали при високій температурі в присутності повітря в муфельній печі. Для розрахунку відсоткового вмісту золи від загальної маси золи віднімали кількість доданого еквіваленту оксиду магнію або кальцію. Титрування цих розчинів проводили гравіметричним методом.

Спалювання здійснювалося шляхом висипання лушпиння в кварцовий тигель. Через відкриті дверцята муфельної печі подавали необхідну для повного згоряння кількість повітря.

Співвідношення основних і кислотних оксидів у паливній золі має значний вплив на ступінь шлакування і температуру плавлення золи.

Знання мінерального складу лушпиння соняшника дозволяє ефективно обрати метод спалювання, який задовольняє багатьом критеріям і налаштувати процес горіння для зменшення втрат і отримання теплової енергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Квасницький Б.А. Особливості спалювання палива на основі рослинних відходів / Б.А. Квасницький, В.І. Підгірний, В.О. Волчок // Зб. праць за підсумками ІХ Міжнародної науково-практичної конф. вчених, аспірантів і студентів, 9 – 10 квітня 2020, Київ – К. : РВВ НУБіП України, 2020. – С. 169 – 171.
2. Волчок В.О. Показники якості палива рослинного походження / В.О. Волчок // Збірник тез доповідей 79 наукової конференції викладачів академії, 16 – 19 квітня 2019, Одеса. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – С. 287- 289.
3. V. Volchok, H. Volchok Analysis of accuracy description properties of substances // IV International Scientific-Technical Conference Actual problems of renewable power engineering, construction and environmental engineering. Part II. 6-8 february 2020, Kielce, Poland, pp. 120-121. <http://www.jntes.tu.kielce.pl/wp-content/uploads/2020/02/Part-II.pdf>

ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ  
ФУНКЦІОНУВАННЯ МСВДЕ

Шовкун А. С., магістр, e-mail: [andreishovkun62@gmail.com](mailto:andreishovkun62@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.



### СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА

УДК 621.25

#### ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ НАСОСНИХ УСТАНОВОК З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ

Безуглий В. Ю., e-mail: [valera301@gmail.com](mailto:valera301@gmail.com)

Науковий керівник доц. Сотнік О.В.

Державний біотехнологічний університет

Основні фактори, що знижують енергетичні показники (коефіцієнт корисної дії (ККД) та коефіцієнт потужності) насосних установок є: 1. Неправильно обрані напір і подача насоса відповідно до параметрів системи. До того ж, може бути недобросовісність виробника, коли у технічних параметрах насосної установки зазначено ККД, наприклад, від 60% до 75% для різних типів насосів, а насправді, як показує експлуатація, реальний ККД знаходиться в межах 10–40%. 2. Застосування засувки для регулювання режиму роботи насоса. 3. Неточно обраний за потужністю насос, коли вибір насоса робиться "із запасом", тобто із збільшеними, ніж необхідно, параметрами напору та подачі. 4. Знос і корозія трубопроводу, заміна труб під час ремонту, зниження або збільшення навантаження на мережу тощо [1]. Дослідження можливих методів зниження енерговитрат на експлуатацію насосних систем показали [1]: заміна насосів на сучасні, ефективніші моделі знижує енергоспоживання на 1 – 2%; заміна на енергоефективні електродвигуни – на 1 – 3%; підрізання та заміна робочих коліс – на 10 – 20%; паралельна установка насосів для каскадного регулювання подачі – на 10 – 30%; зниження частоти обертання – на 5 – 40%; регулювання подачі перетворювачами частоти (порівняно з регулюванням засувками) – на 10 – 60%. З перерахованого вище, видно, що регулювання подачі за допомогою перетворювачів частоти є найбільш ефективним. Схема автоматизації насосних систем з перетворювачем частоти наведена на рис. 1 [2].

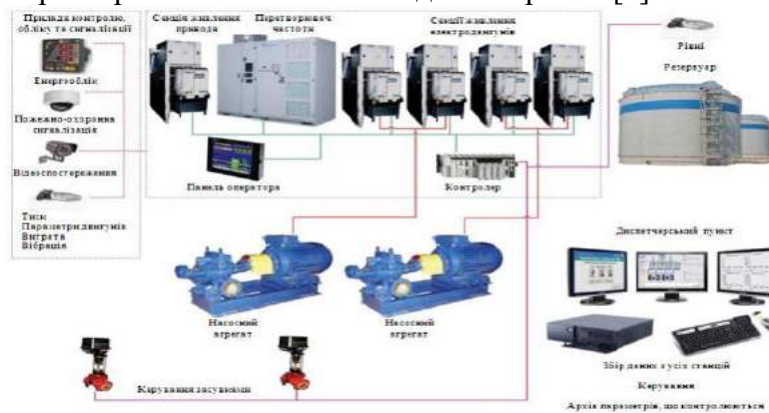


Рисунок 1 – Схема автоматизації насосних систем з перетворювачем частоти

Автоматизований електропривод із застосуванням перетворювача частоти дозволить: значно економити електроенергію; автоматизувати процес підтримки заданого тиску або витрати в системі водопостачання; забезпечити плавний пуск насосного агрегату і зменшити навантаження на гідравлічне обладнання; стабілізувати тиск води і зменшити витрати води; системи автоматики забезпечать комплексний захист електродвигуна і насоса; контролювати напругу живлення і відновлювати роботу після збоїв живлення; автоматизувати розподіл навантаження між додатковими насосами для забезпечення максимальної ефективності; діагностувати і давати інструкцію несправностей на насосній станції.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Енергозбереження у системах водопостачання. URL: <https://www.svaltera.ua/solutions/>
2. «Кращі з доступних технологій для житлово-комунального господарства України». Керівництво з відбору технологій / Під редакцією С. Єрмілова. – К.: «Поліграф плюс», 2016. – 134 с.

## СИСТЕМА АКТИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ В АВТОНОМНИХ СХОВИЩАХ

Богдановський Д. В., магістр, e-mail: [youngloqie@icloud.com](mailto:youngloqie@icloud.com)

Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Масове зберігання соковитої рослинної сировини (СРС) здійснюється не тільки в стаціонарних сховищах, але й в автономних польових спорудженнях, до яких відносяться бурти й траншеї. Кількість картоплі, що закладається в бурти й траншеї при польовому способі зберігання, становить від 40 до 50%, а столового буряка, призначеного до переробки до 92%. Основний спосіб зберігання капусти - буртовий.

Відсутність дотепер систематизованих даних по створенню мікроклімату в буртах стримує масове застосування таких споруджень у польових умовах в автономному режимі експлуатації. Дійсно, головним недоліком буртів із природньою вентиляцією є нерегульований теплообмін із зовнішнім повітрям, недостатній повітрообмін, великі витрати теплоізоляційних матеріалів.

Огородження буртів із природньою вентиляцією відіграють двояку роль: для підтримки технологічної температури зберігання (через них повинні видалятися надлишки теплоти) і запобігання підморожування продукції. Для підтримки технологічної вологості повітря, при зберіганні волога повинна безперешкодно видалятися через огороження, а атмосферна волога не повинна попадати в насип. Такі взаємовиключні вимоги до огорожень буртів в умовах постійного коливання температури й відносної вологості зовнішнього повітря роблять завдання підтримки стабільних технологічних параметрів мікроклімату протягом усього періоду зберігання практично нерозв'язним.

Основні інженерні положення по підтримці нормованих значень внутрішньої температури та вологості у таких спорудженнях наступні. При розрахунках параметрів мікроклімату в сховищах, мінімальний опір теплопередачі зовнішнього огороження, а значить і мінімальні енерговитрати, будуть лише при повному завантаженні ємності. Тому раціонально зводити сховища, які складаються із декількох ізольованих секцій, так як у випадку неповного завантаження частина секцій буде заповнена до розрахункової величини, а частина секцій залишиться порожніми. Секційні сховища мають також технологічні переваги через можливість розвантаження окремої секції в зимовий час без ризику порушення температурно - вологісного режиму в інших секціях бурту.

Конструктивно автономні бурти або заглиблені або обваловані. Зменшення площі надземних зовнішніх огорожень також знижує їхній опір теплопередачі.

Слід віддавати перевагу збірно - розбірним модульним буртам, тому що в них, як правило, є повітряні зазори між продукцією й зовнішніми стінами (панелями). У процесі експлуатації вони виконують функцію повітряного прошарку (цикл непрацюючої системи активної вентиляції) або вентилязованого прошарку в циклі роботи системи активної вентиляції, що сприяє стабілізації температурно - вологісного режиму насипу й зниженню ризику переохолодження продукції, а продукція не стикається безпосередньо із землею. Опір теплопередачі покриття буртів підвищується також за рахунок наявності сніжного покриву в холодний період року.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В.О. Ковальов – Київ: Аграрна освіта, 2010 – 557 с.
2. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лавріненко, І.П. Ільчов, Ю.М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ДЕЯКИХ РЕЖИМІВ ВИСОКОДИНАМІЧНОГО  
ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Бреславець Д. Р., бакалавр, e-mail: [Dmytro.Breslaves@ieec.khpi.edu.ua](mailto:Dmytro.Breslaves@ieec.khpi.edu.ua)

Науковий керівник доц. Тукалов І. О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

При розробці електроприводів металургійного виробництва (наприклад – летючих ножиць) досить часто виникають потреби забезпечення економії електричної енергії при заданій швидкодії. Рішення таких завдань можливо шляхом формування оптимальних параболічних тахограм використовуючи задавачі інтенсивності з подвійним інтегруванням, або розраховуючи задаючий вплив в системі цифрового керування на базі мікропроцесора.

Оцінити фактичну економію енергії можна порівняльним моделюванням перехідних процесів при відпрацюванні трикутних та параболічних тахограм. Такі режими відповідають регулюванню положення механізму ножиць відносно металопрокату, який виходить з останньої клітини стану і потребує розрізання на задані відрізки. Дослідження були виконані для двоякірного двигуна типу 2П2 - 23/66 - 2,75 ( $P_H=2 \times 1750$  кВт;  $U_H=730$  В;  $I_H=2590$  А;  $M_H=670$  кНм;  $n_H=50$  об/хв;  $R_E=0,02068$  Ом). Параметри задавачів інтенсивності були розраховані за методикою наведеною в [1]. Порівнювались процеси для середніх (коли швидкість не досягає сталого значення) та великих переміщень (до максимально можливих переміщень механізму). Деякі з отриманих графіків наведені на рис.1.

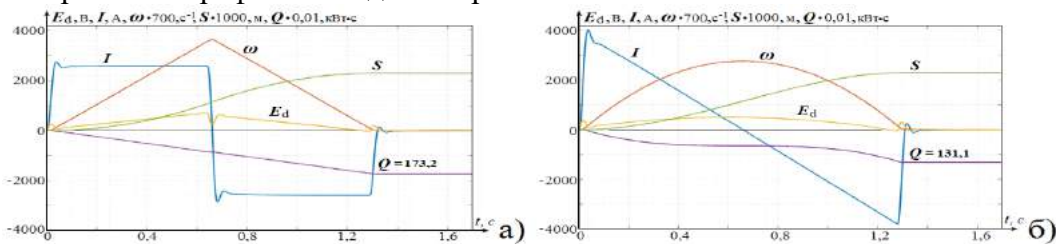


Рисунок 1 - Трикутна а) та параболічна б) тахограми відпрацювання переміщення

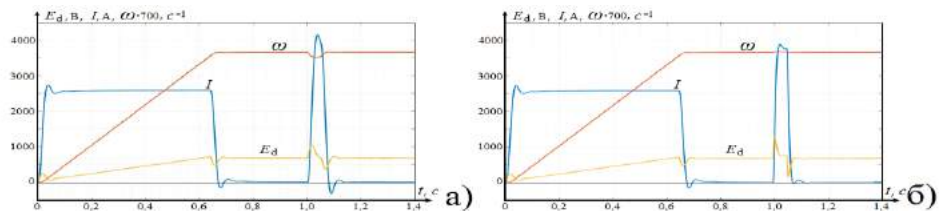


Рисунок 2 - Діаграми відновлення швидкості летючих ножиць

Ще одним важливим режимом роботи летючих ножиць є розрізання металу. Для великих перетинів прокату, характерних для заготівельних станів, спостерігаються значні провали швидкості, що негативно впливає на точність розкрою. Зазвичай, для усунення похибки за положенням при наявності динамічних знижень швидкості використовують СПР з трикратним інтегруванням. Розрахунок і налаштування таких систем складні [2], та ще й супроводжуються падінням швидкодії електропривода. Іншим способом зменшення падіння швидкості є застосування форсування струму під кожний розмір заготовки з деяким упередженням. Результати досліджень таких процесів показані на рис. 2 а) без форсування, б) форсування з упередженням.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Акімов Л. В., Коліушко Д. Г., Тукалов І. О. Дослідження систем підпорядкованого регулювання, модального управління, спостерігача стану і оптимального управління для електропривода ТПН-АД: навч.–метод. посіб. – Харків: НТУ «ХПІ», 2004. 48 с.
2. Гуль А. І. Параметрична оптимізація багатократноінтегруючих електромеханічних систем за критеріями максимальної добротності та запасу стійкості: дис. д-ра техн. наук – Харків: НТУ «ХПІ». 2004. 340 с.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ  
ЛОКАЛЬНОГО ОБІГРІВУ МОЛОДНЯКУ СВИНЕЙ

Бутенко М. В. магістр e-mail: [butenko@gmail.com](mailto:butenko@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Продукція сільського господарства і харчової промисловості формує сьогодні значну частину українського експорту. Так, за 2016 рік зовнішньоторговельний обіг продукції агропромислового комплексу досяг 19,6 млрд. дол. США що складає 26.1 % всього зовнішнього обігу України. Порівняно з аналогічним періодом 2015 року відбулося збільшення: зовнішньоторгівельного обігу сільськогосподарської продукції – на 5,9 % (на 1096,8 млн. дол. США), експорту – на 4,5 % (на 668, 9 млн. дол. США), імпорту – на 11,4 % (на 428,0 млн. дол. США) [1].

Як видно з аналізу науково-технічної літератури видно, що забезпечення населення продовольчими товарами, зокрема свининою здійснюється переважно за рахунок національного виробництва. Частка імпорту у внутрішньому споживанні продовольства в середньому не перевищує 5 %, що позитивно характеризує рівень незалежності країни. Тому, доцільно удосконалювати умови утримання свиней, що дозволить збільшити виробництво продукції [2].

У свинарниках маточниках при утриманні молодняку в окремих групах на теплоізоляційних матах, застосовують додатковий локальний обігрів.

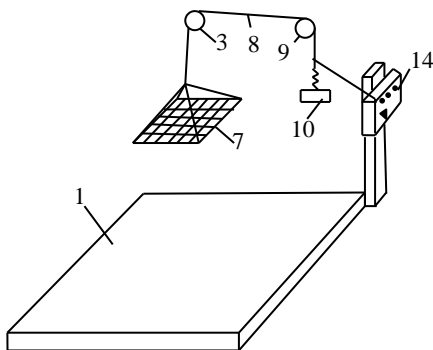


Рисунок 1 – Конструкція автоматизованої панелі локального обігріву молодняку свиней:

1 – теплоізоляційний мат; 2 - блок з променевими джерелами оптичного випромінювання (на рис-оригіналі 7); 2 – регульовальний блок; 3 – трос (нарис-оригіналі 9); 4 – електропривод (на рис-оригіналі 10); 5 – блок автоматичного керування 9 на рис-оригіналі 14)

Автоматичне керування висотою підвісом блоку 2 відбувається завдяки вимірюванню рівня променевої радіації на рівні теплоізоляційного мату, завдяки блоку 5. Новим ефективним підходом є те що самі тварини керують рівнем підвісу. Для цього сигнал від датчика температури потрапляє в блок керування де аналізується і формується сигнал для роботи електроприводу 4.

Крім того, в блоці 2 додатково, окрім інфрачервоної лампи типу ИКЗК-250 для обігріву, встановлена бактерицидна лампа типу ДБ-30 для знищення патогенної мікрофлори і еритемна лампа типу ЛЄ-30 для лікувального впливу на організм тварин.

#### 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. Пчолкін Ю. М., Мурзін В. К. Машини та обладнання для створення мікроклімату на фермі. Київ: Урожай, 1977. 240 с.

## ПОРІВНЯННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ІЗ МАТЕМАТИЧНИМИ АЛГОРИТМАМИ У РОБОТОТЕХНІЦІ

Величко І. А., e-mail: [sorokin.ekt@gmail.com](mailto:sorokin.ekt@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Сорокін М. С.  
ДБТУ, м. Харків, Україна

Робототехніка це одне з динамічно розвиваючихся напрямків сучасної технології. Використання нейронних мереж у робототехніці здається очевидним. З метою підвищення ефективності та автономності робототехнічних комплексів дослідники широко використовують різноманітні алгоритмічні підходи, зокрема нейронні мережі та математичні алгоритми. І хоча нейронна мережа також являє собою алгоритм

Нейронні мережі - це моделі, інспіровані структурою та функціонуванням людського мозку, які використовуються для вирішення різних завдань штучного інтелекту. У робототехніці вони використовуються для розв'язання задач обробки зображень, керування рухом роботів, визначення та аналізу об'єктів тощо. З іншого боку, математичні алгоритми, такі як методи оптимізації, алгоритми пошуку та статистичні методи, також широко застосовуються в робототехніці.

Швидкий розвиток обчислювальної потужності сприяє впровадженню різноманітних методів штучного інтелекту, серед яких особливе місце займають нейронні мережі. Однак існують певні ситуації, коли математичні алгоритми можуть бути більш ефективними в порівнянні з нейронними мережами.

Нейронні мережі, зазвичай, забезпечують високу точність у задачах розпізнавання образів та класифікації. Однак для вирішення деяких завдань, де потрібна абсолютна точність, математичні алгоритми можуть бути ефективнішими, оскільки їх поведінка може бути детально формалізована.

У деяких сценаріях, особливо у реальному часі, швидкість роботи вирішальна. Тут математичні алгоритми, які можуть бути оптимізовані для виконання на апаратному рівні, можуть перевершувати нейронні мережі, які вимагають значних обчислювальних ресурсів.

Нейронні мережі можуть бути більш гнучкими та адаптивними до змінних умов навколишнього середовища. У складних завданнях, де правила та умови можуть змінюватися, вони можуть виявити себе краще, ніж математичні алгоритми, які базуються на жорстких правилах.

Порівнюючи нейронні мережі та математичні алгоритми в контексті їхнього застосування в робототехніці, можна зробити кілька важливих висновків. По-перше, нейронні мережі відзначаються високою адаптивністю та здатністю до самонавчання, що робить їх ефективними у ситуаціях, де умови можуть змінюватися. Вони показують вражаючі результати в задачах розпізнавання образів, оптимального управління та навіть в роботі зі складними динамічними системами. Однак, потреба у великій кількості даних для навчання та їхня складність для інтерпретації можуть становити виклик у практичному застосуванні. З іншого боку, математичні алгоритми можуть бути менш вимогливими до обчислювальних ресурсів і можуть працювати ефективно навіть з обмеженими обсягами даних. Вони також можуть бути менш чутливими до змін умов, що робить їх привабливими для використання в деяких стабільних середовищах.

Отже, вибір між нейронними мережами та математичними алгоритмами у робототехніці повинен бути здійснений з урахуванням конкретних вимог і умов конкретної задачі. Іноді комбінація обох підходів може бути оптимальним варіантом, дозволяючи поєднувати переваги кожного з них.



## БЕЗПАЛИВНА СИСТЕМА КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ В СВИНАРНИКУ

Врублевський Ю. О., магістр, e-mail: [hotabich1995@gmail.com](mailto:hotabich1995@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Промислові технології виробництва продукції тваринництва, наприклад в свинарстві з високою концентрацією тварин на обмеженій площі вимагає підвищених вимог до якості мікроклімату в приміщенні. Так, неякісне середовища веде до зниження добових приросту живої ваги на 10-30 %, зростання захворюваності майже в 3-4 рази, непродуктивному витрачання кормів приблизно в 1,3-1,5 рази та додатково веде до передчасного зносу обладнання та руйнування споруд. Таким чином, основною умовою ефективного мікроклімату в тваринницькому приміщенні є наявність установки активного вентилявання. Неперервна подача свіжого повітря видалення забрудненого забезпечує поновлення біологічного потенціалу внутрішнього середовища для підтримки фізіологічного стану і загальної резистентності організму на рівні близькому до природного [1].

В сучасних тваринницьких приміщеннях при непримусовому способі повітрянообміну ліквідація локальних зон дискомфорту на вході припливного каналу в інші зони досягається завдяки різниці температур. Причому, обмін повітря спостерігається при різниці температур 15 °С. При зниженні температури на зовні приміщення необхідно попередньо проводити підігрів припливного повітря, що вимагає додаткових витрат. Тому, перехід до побудови енергозберігаючих так званих споруд-рекуператорів і в аграрній сфері є одним із подальших напрямків удосконалення.

Після проведення аналізу існуючих типів тваринницьких приміщень з урахуванням їх конструктивно-планувальних рішень, віку тварин, технології утримання, кліматичних умов пропонується система без паливної технології конденсації повітря.

Система складається з двох ступенів: зовнішня частина обмежується утепленим покриттям стелі приміщення – рекуператором, а внутрішня частина являє собою частину стелі у вигляді перфорованого підвісу з теплоізоляційного матеріалу.

Керуючою умовою, яка забезпечує підтримку заданих внутрішніх параметрів повітря є ентальпійна характеристика зовнішньої ступені – рекуператор [2]:

$$(k_i \cdot S_c) / [G_n + (k_i \cdot S_{дп})] = (1 - \varepsilon_n) / C_{п}$$

$k_i$  - ентальпійний коефіцієнт тепломасопередачі;

$S_c$  - ентальпійний коефіцієнт покриття стелі приміщення;

$S_{дп}$  - ентальпійний коефіцієнт дахового покриття;

$G_n$  - режим повітрянообміну;

$\varepsilon_n$  - температурний коефіцієнт тепломасопередачі;

$C_{п}$  - масова теплоємність повітря.

### 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. Кривобок Э. Н., Ильяш О. Э. Базовая система бестопливной технологии кондиционирования микроклимата животноводческих зданий. // Проблемы энергосбережения, 1995. № 4-6. С.54-63.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ  
Горгуленко Д. Ф., бакалавр, e-mail: [Gulebas@gmail.com](mailto:Gulebas@gmail.com)  
Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Під час сушіння зерна відбуваються такі фізичні явища: передача теплоти від агента сушіння до зерна; рух вологи з центральних шарів зерна до поверхневих; випаровування вологи з поверхні зерна та дифузія її в навколишнє середовище; переміщення вологи при наявності температурного градієнта з потоком теплоти внаслідок термовологопровідності.

Закономірності сушіння зерна такі:

- 1) чим більша початкова вологість зерна, тим вища швидкість сушіння в початковий період і тим він коротший;
- 2) під час сушіння зерно нагрівається швидше, ніж випаровується волога. Це й визначило доцільність застосування для сушіння зерна рециркуляційного (з відлежуванням) способу;
- 3) сушіння можливе лише тоді, коли тиск пари всередині зерна вищий, ніж в навколишньому середовищі, тобто відбувається її випаровування. Коли температура поверхні зерна дорівнює температурі середовища сушильної камери, процес сушіння припиняється;
- 4) одночасно з переміщенням вологи рухаються розчинені в ній мінеральні речовини, тому зольність периферійної частини зернівки і зародка збільшується;
- 5) при вмісті в насипу органічної легкої домішки понад 0,1 % можливе загоряння її в сушарці;
- 6) якщо зерно перед сушінням зберігалось в анаеробному стані в насипу висотою понад 4 м, то в зернівках накопичується етиловий спирт, який при різкому нагріванні може призвести до загибелі зародків. Тому зерно треба попередньо провітрити для видалення спирту;
- 7) швидкість процесу сушіння залежить від вологості повітря.

Контактний (кондуктивний) спосіб сушіння ґрунтується на контакті висушуваного матеріалу з нагрітою поверхнею і потребує великих витрат теплоти, тому поширений мало.

За радіаційного способу сушіння використовують теплоту енергії сонця чи інфрачервоних променів. Приклад — повітряно-сонячне сушіння, коли волога випаровується тільки через поверхню насипу зернової маси. У південних районах України для сушіння невеликих партій зерна цей спосіб використовується й донині.

Ефективність процесу сушіння залежить від товщини шару зерна, частоти його переміщення, інтенсивності сонячної радіації, сили вітру, властивостей майданчика. Тепле повітря вологомістке, однак при зіткненні з холодним зерном вологості його знижується й утворюється конденсаційна волога. При додержанні всіх вимог та достатній інсоляції, якщо вологість зерна не перевищувала 17 - 18 %, вона за один день знижується на 1 - 3%. Якщо вологість зерна вища, повітряно-сонячне сушіння малоефективне. За такого сушіння поліпшується схожість зерна, успішніше відбувається післязбиральне дозрівання, зменшується кількість мікрофлори та пошкодженість зерна шкідниками. Обмежене застосування повітряно-сонячного сушіння пояснюється потребою у великих майданчиках для розміщення зерна, залежністю його від метеорологічних факторів, низькою механізацією процесу. Найчастіше повітряно-сонячне сушіння застосовують у насінництві або для доведення до базисних кондицій невеликих партій зерна.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Станкевич Г. М. Сушіння зерна: Підручник / Г. М. Станкевич, Т. В. Страхова, В. І. Атаназевич – К.: Либідь, 1997. – 352 с..
2. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лавріненко, І.П. Ільчов, Ю.М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

ПАРАМЕТРИЗАЦІЯ ТА АПРОКСИМАЦІЯ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ  
РУХУ В 3D-МОДЕЛЮВАННІГороденчук О. В., e-mail: [sorokin.ekt@gmail.com](mailto:sorokin.ekt@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Сорокін М. С.

Державний біотехнологічний університет

Обертання об'єкта в тривимірному просторі (та й взагалі будь-якого руху об'єкта) математично є типовим прикладом структури, званої «групою». Груповою операцією тут є «комбінування», коли спочатку застосовується один рух, а потім інший до кожного елемента тривимірної моделі. Ця комбінація є рухом. Для будь-якого руху можна знайти зворотний рух, що дозволяє повернути все так, як було.

З практичної точки зору, стосовно до геометрії, існування групи часто вказує на існування якоїсь «особливості» даного руху, яка зберігається всередині групи. Наприклад, якщо ми переміщуємо об'єкт кудись з чистим обертанням, то ми можемо повернути його назад і за допомогою чистого обертання. Група рухів евклідового простору зберігає відстані між точками об'єкта, що переміщується. Група симетрії куба складається з 48 рухів, які перетворюють куб в сам куб себе.

Існує декілька основних методів повороту тривимірних моделей у просторі. Найбільш популярними слід виділити 4 способи, які набули широкого поширення: матриця обертання  $3 \times 3$ ; Визначте обертання за допомогою кутів Ейлера, кватерніонів, вісі обертання та кута. Однак ще існує один метод який використовується досить рідко однак він зручний тим, ще зручно для параметризації, дозволяє ефективно будувати поліноміальні наближення цих параметризацій, здійснювати сферичну інтерполяцію, а головне, є універсальним - працює для будь-якого типу руху з мінімальними змінами.

Припустимо, ми хочемо знайти ротаційну матрицю, яка буде найкращим чином задовольняти певній вимозі. Скажімо, у нас є дві площини однієї поверхні, і ми хочемо склеїти їх між собою, тому ми знаходимо матрицю обертання, яка найкраще вирівнює першу площину із другою. Для того, щоб знайти таку матрицю, ми спочатку повинні якимось параметризувати простір цих матриць. Це можна зробити, наприклад, за допомогою кутів Ейлера, але коли ми підставляємо отриману матрицю зв'язкою синусів і косинусів, то буде незрозуміло, як вирішити результуючу задачу оптимізації. Замість цього ми можемо спробувати використовувати елементи самої матриці руху в якості параметрів для оптимізації; У цьому випадку ви отримаєте набагато простішу оптимізаційну, але немає гарантії, що розрахована таким чином матриця афінного перетворення буде обертанням.

Для вирішення такої задачі можна використовувати наступний підхід. Спочатку провести параметризацію на основі елементів алгебри Лі, що надасть нам звичайний лінійний простір, а потім використати експоненту, щоб повернутися до необхідній нам площині.

Використання таких наближень дозволяє спростити оптимізаційну задачу, наприклад, звести її до квадратичної, і в той же час не вимагає сумнівного переходу до рішення задачі для афінних матриць і подальшої проекції результату на шукану групу. Єдиним його обмеженням є вимога до малості матриці, але зазвичай його легко обійти. Досить параметризувати не «матрицю положення об'єкта» безпосередньо, а «матрицю руху, що підлягає застосуванню до об'єкта». За умови, що об'єкт спочатку більш-менш стоїть десь у потрібному місці, необхідна матриця «прогресу» у всьому класі задач виявляється досить маленькою. Наприклад, такий підхід добре працює в ітеративних алгоритмах, тому що крок переміщення об'єктів в кожній наступній ітерації в них має тенденцію до швидкого зменшення.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. David H. Eberly. Geometric tools for computer graphics. <https://www.gamedeveloper.com/latest-news>

СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОВОРОТУ  
ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

Гулець К. Ю., бакалавр, e-mail: [Kyryl.Hules@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Kyryl.Hules@ieee.khpi.edu.ua)  
Іванців Д. Б., бакалавр, e-mail: [Dmytro.Ivansiv@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Dmytro.Ivansiv@ieee.khpi.edu.ua)  
Науковий керівник доц. Аніщенко М. В.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Промислові роботи це типові динамічні системи, що працюють в основному в неусталених режимах. З точки зору математичного опису і аналітичного вивчення вони представляють великі труднощі в силу значної кількості ступенів рухливості, нестаціонарності, нелінійностей і високого порядку рівнянь, що їх описують. Рівняння, що описують рух маніпулятора, є нелінійними та взаємопов'язаними за координатами окремих ступенів рухливості [1].

Якщо переміщення реалізується послідовно за координатами окремих ступенів рухливості, то рівняння суттєво спрощуються і стають лінійними з постійними коефіцієнтами. Однак і в цьому випадку необхідно враховувати, що на різних фазах руху можуть змінюватися моменти інерційні через зміну конфігурації маніпулятора і маси вантажу, що переміщується. Ці зміни відбуваються від запуску до запуску.

Наприклад, при розгляданні промислового робота для укладання виробів на палети моделі KUKA KR 300-2 PA (рис.1) вантажопідйомністю 300 кг [2] значення моменту інерції відносно осі обертання колони суттєво змінюються залежно від маси вантажу.

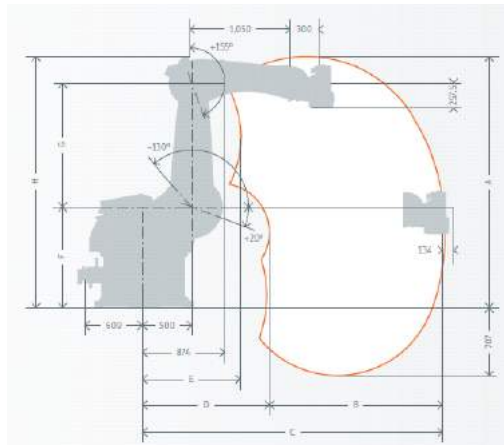


Рисунок 1 – Схема робочої зони робота KR 300-2 PA

Під час проектування електроприводу повороту колони виконується синтез регулятора швидкості з урахуванням розрахункового значення моменту інерції. Наступний етап синтезу полягає в застосуванні засобів динамічної корекції в межах діапазону зміни інерційних характеристик навантаження, що забезпечують необхідну якість керування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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: 17.03.2024).
2. KUKA robotics-systems industrial-robots KR 300-2 PA. URL: <https://www.kuka.com/en-se/products/robotics-systems/industrial-robots/kr-300-pa> (дата звернення: 17.03.2024).

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
ЗЕРНООЧИЩУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИІванченко О. В., магістр e-mail: [allo29416117@gmail.com](mailto:allo29416117@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Зерно можна зберігати навалом або розсипом на підлозі, а також в тарі (мішках) штабелями (надільний спосіб), в засіках і бункерах або силосах – лише на великих зерно заготівельних пунктах. Найбільш поширеними способами зберігання фуражного та продовольчого зерна в сільському господарстві є надільний та навалом. Причому, в більшості агрофірм та невеликих господарств насіння зберігається, як правило в засіках. При зберігання зерна навалом на підлозі шар його не повинен бути більше 4,5-5 м. Якщо зерно ще не дозріло (1-2 місяці після збирання), то навіть коли воно і сухе, то не рекомендується складувати його шаром більше 2,5 м. Вологе зерно при зберіганні потребує систематичного перелопачування та контроль за температурою. При складанні зерна в мішках надільним способом найкраще приймати висоту штабелів 2,5 м максимальна висота їх не повинна перевищувати 4,0 м, а ширина близько 2,0 м [1].

Після обмолоту зерна комбайнами весь врожай піддають очистці та сушінню на стаціонарних пунктах. Свіжезібране зерно має засміченість 15-18 %, а вологість змінюється у широкому діапазоні, залежно від зони та погодних умов. Вміст домішок у продовольчому зерні не повинен перевищувати 5 %, для інших культур 8 %. Для насінневого зерна вимоги до чистоти ще вищі. На сьогоднішній день машини для післяжнивної обробки зерна та підготовки насіння випускаються комплектами у вигляді зерноочисних агрегатів або зерносушильних комплексів. Існує цілий перелік спеціальних робочих машин і обладнання для первинної очистки зерна, так, найбільш широко розповсюдженими агрегати і комплексами є ЗАВ-20, ЗАВ-40, КЗС-20Ш, КЗС-20Б, ЗАВ-25, ЗАВ-50, КЗС-25Б, КЗС-50. Зерноочисні агрегати використовуються в тих зонах України де вологість в період жнив не перевищує 16 % і нема необхідності його штучного підсушування. До комплексів КЗС додатково входять сушильні відділення відповідно з шахтною та барабанными сушарками [2].

Зерносховища повинні добре провітрюватись, надійно захищати зерно від зволоження атмосферними опадами. Ділянки для будівництва зерносховищ слід вибирати на сухому незатоплюваному талими і дощовими водами місці з рівнем стояння ґрунтових вод не менше 2 м від поверхні землі і природним похилом не менше 2 % для відведення поверхневих вод. Щоб забезпечити провітрювання зерносховищ, ділянка повинна бути відкритою для пануючих в даній місцевості вітрів, не загорожена іншими будовами, вільна від дерев та чагарників. Зерносховища по відношенню до тваринницьких ферм повинні розміщуватись з навітряного боку на віддалі 100 м. Навколо зерносховища для утримання необхідних протипожежних заходів потрібно залишити вільно сплановану територію шириною 6 м, яка не засаджується деревом та не огорожується. Ділянка, призначена для будівництва зерносховищ повинна мати хороші під'їзди, які б забезпечували в будь-яку пору року зручне завезення і вивезення зерна [3].

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Корж Е. Д. Складские помещения и сооружения. Київ: Будівельник, 1970. С. 1-37.
2. Гаврилюк І. А. Курс лекцій з електроприводу сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній // І. А. Гаврилюк, Ю. М. Хандола. Харків: Факт, 2008. 578 с.
3. Жулай Є. Л. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. // Є. Л. Жулай, Б. В. Київ: Вища освіта, 2001. 288 с.



РОЗРАХУНОК ПОТУЖНОСТІ ДВИГУНА ЖИВИЛЬНОГО НАСОСА ВОДОГРІЙНОГО  
КОТЛА СИСТЕМИ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЧИХ ОБ'ЄКТІВ  
ТА ЖИТЛОВИХ ОСЕЛЬ

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

Для забезпечення обігріву виробництв та житлових будівель в холодну пору року, необхідно створити систему їх теплозабезпечення. Для цього, потрібно виконати певні розрахунки і провести вибір відповідного обладнання, що входить до її складу. Так для виконання функції перекачування води до водогрійного котла, треба розрахувати та обрати відповідний електричний двигун приводу насоса – тема яка підіймається в даній доповіді.

Враховуючи вхідні дані, в якості відцентрового насоса обираємо тип К150-125-315.

Для живильного насоса К150-125-315, використовуючи його характеристики, маємо:  $Q_H = 200 \text{ м}^3/\text{год}$  і  $H(Q_H) = 32 \text{ м}$ , ККД –  $\eta(Q_H) = 0,78$ :

$$N_Q = \kappa_3 \cdot Q_H \cdot H(Q_H) \cdot \rho = \frac{1,2 \cdot 200 \cdot 32 \cdot 9810}{3600 \cdot 1000} = 25,5 \text{ кВт} \quad (1)$$

Потужність електродвигуна в номінальному режимі буде обчислюватися за таким виразом:

$$N = \frac{N_Q}{\eta_n \cdot \eta_o} = \frac{25,5}{0,78 \cdot 0,9} = 36,3 \text{ кВт} \quad (2)$$

В якості двигуна насоса вибираємо асинхронний трифазний двигун з короткозамкненим ротором 4А200L4У3:  $P_2 = 37 \text{ кВт}$ ,  $U = 220/380 \text{ В}$ ,  $\eta_n = 1475 \text{ об/хв}$ ,  $2p = 4$ ; конструктивне виконання ІМ тисячі один; виконання по способу захисту ІР44; спосіб охолодження ІСО 141; кліматичне виконання і категорія розміщення УЗ, клас ізоляції F.

Характеристики насоса і мережі будуються в координатах «натиск-витрата», точка перетину цих характеристик називається робочою точкою. Ця точка визначає енергетичні параметри спільної роботи насоса на мережу, рис. 1 [1].

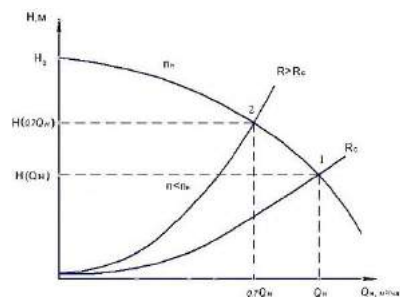


Рисунок 1 – Регулювання подачі води за допомогою засувки (опір мережі)

В результаті виконання роботи, розрахована потужність електродвигуна приводу насоса водогрійного котла системи теплозабезпечення і обрана його модель.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод / [Дідур В. А., Савченко О. Д., Пастушенко, С. І., Мовчан С. І.]. – Запоріжжя, Прем'єр, 2005. – 464 с.

СИСТЕМА АКТИВНОЇ ВЕНТИЛЯЦІЇ В АДМІНІСТРАТИВНИХ  
ПРИМІЩЕННЯХКлимовец Є. С., студент, e-mail: [zenakliiovec@gmail.com](mailto:zenakliiovec@gmail.com)

Науковий керівник Шевякова О. В.

Красноградський аграрно-технічний фаховий коледж імені Ф.Я.Тимошенка

Сучасні високі вимоги до якості роботи систем припливної вентиляції є досить жорсткими, оскільки від якості повітря сильно залежить продуктивність працівників та якість прийняття рішень. Адміністративні приміщення є одними з місць, в яких правильність прийняття рішення має дуже великі наслідки, тому якість повітря, що подається в такі будови повинна задовольняти критеріям якості. Відомо, що вентиляція розділяється на два типи: природну і механічну. Механічна вентиляція в силу своєї високої ефективності отримала переважне поширення при проектуванні виробничих і складських приміщень. Вона поділяється на працюючу в локальному режимі (для видалення будь-яких шкідливих речовин з робочої зони), стаціонарному режимі (припливна, витяжна, припливно-витяжна) та аварійному режимі, що застосовується для димовидалення на початкових стадіях пожежі для забезпечення евакуації людей, а також видалення шкідливих речовин при їх перевищенні.

Підвищення енергоефективності вентиляційних систем є одним з пріоритетних напрямків енергозбереження в промисловому і цивільному будівництві. Вентиляція є одним із найбільших споживачів теплової та електричної енергії, і оцінку її енергоефективності необхідно проводити ще на стадії проектування, а також під час енергетичних аудитів та під час процесу модернізації інженерних мереж.

Сучасна система припливної вентиляції бізнес центру повинна не тільки підтримувати санітарні норми, представлені державними нормативними документами і створювати комфортні умови для персоналу на робочих місцях, а й технічно справлятися з критичними і аварійними ситуаціями. Саме критичні ситуації найбільш складно компенсувати з використанням класичних ПД – регуляторів параметрів повітря.

Основна складність у створенні і реалізації системи керування полягає в чисельності факторів та складність їх взаємозв'язку, що впливають на мікроклімат робочої зони і безпеку робочого персоналу. Особливо, велику складність налаштування ПД – регулятора можна побачити коли зміна одного фактору приводить до зміни іншого, або зміна факторів не пов'язаних між собою.

Основними факторами, які впливають на стан мікроклімату приміщень, є температура всередині приміщення, відносна вологість повітря, швидкість переміщення повітряної маси, концентрація шкідливих домішок в повітрі робочих зон, а також відносне значення тиску, що штучно створюється в результаті роботи припливних і витяжних вентиляторів.

Основним виконавчим механізмом в системі вентиляції, робота якого безпосередньо впливає на стан системи в цілому, є електропривод припливних і витяжних вентиляторів. Регулювання, якого дозволяє не тільки підтримувати нормальні умови мікроклімату в робочій зоні, а й запобігати або уникати небезпечні умови стану внутрішньої атмосфери.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В.О. Ковальов – Київ: Аграрна освіта, 2010 – 557 с.
2. 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.

ВИМОГИ ДО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КОНВЕЄРНИХ УСТАНОВОК  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВКолесников К. І., магістр, e-mail: [17kolesnikov@gmail.com](mailto:17kolesnikov@gmail.com)Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Специфічні умови сільськогосподарських підприємств, зумовлені особливостями технологічного процесу, диктують підвищені вимоги до технічного обслуговування, достовірності діагностики та своєчасного ремонту електроприводів конвеєрних установок. У цих умовах перспективною формою технічного обслуговування обладнання є - по фактичному стану, що дозволяє збільшити терміни міжремонтної роботи і виключити необґрунтовані простої, своєчасно планувати обсяги і терміни проведення ремонтних робіт.

Розвиток засобів і методів технічної діагностики з урахуванням умов роботи сільськогосподарського обладнання є важливим фактором подальшого вдосконалення процесу експлуатації устаткування, що забезпечує її безпеку і можливість попередження аварійних режимів роботи і раптових відмов. Діагностування повинно бути складовою частиною технічного обслуговування і ремонту устаткування і має забезпечувати його проведення по фактичному технічному стану при вирішенні таких основних завдань: визначення виду технічного стану обладнання; пошук місця дефекту; визначення причин появи дефектів і видача рекомендацій щодо їх усунення; прогнозування технічного стану обладнання; контроль правильності дії експлуатаційного персоналу по експлуатації обладнання; накопичення статистичного матеріалу для вдосконалення технології виготовлення і режимів експлуатації машин.

Найбільш ефективними методами діагностування є віброакустичний, електричний, кінематичний і електромагнітний. Діагностичні ознаки, що визначають технічний стан, що викликаються різного роду дефектами, слід оцінювати за такими станами: функціональному (експлуатаційні показники і характеристики робочого процесу і процесу регулювання); вібраційному (сукупність коливальних процесів). Широкий діапазон умов і режимів експлуатації сільськогосподарських машин, значна варіація початкового рівня якості як нових машин, так і отриманих з капітального ремонту призводять до значного, розкиду швидкості втрати працездатності машини і досягнення граничного стану. Значення моменту і характеру зміни стану, а також причини, що викликала дану зміну, дозволяє попередити відмову, прийняти правильне рішення і провести профілактичний ремонт. Знання ж дійсного технічного стану і режиму роботи дозволяє використовувати техніку найбільш ефективно. Для його визначення необхідно, по-перше, встановити, які параметри і яким способом слід визначити і, по-друге, якими засобами необхідно провести дане дослідження.

Таким чином, система діагностування включає методи і засоби визначення дійсного стану об'єкта, тобто є системою контролю і водночас основною ланкою процесу управління станом об'єкта. Засоби і методи контролю повинні бути зручні в експлуатації, забезпечувати здійснення контролю в мінімальний час, проводити його без розбирання машини і бажано без порушення її роботи. Самі ж об'єкти експлуатації повинні бути пристосовані для діагностичного контролю, мати вбудовані датчики і прилади (потужності, напруги мережі, температури, вібрації, зусиль), або можливість періодичного підключення до контролюючих пристроїв.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закладний О.О. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем / О.О. Закладний – К.: Видавництво «Лібра», 2013. – 195 с.
2. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник / О.М.Закладний, А.В.Праховник, О.І. Соловей – К.: Кондор, 2005.– 408 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ОСВІТЛЕННЯ  
ТА ОПРОМІНЕННЯ ДЛЯ РОСЛИННИЦТВА ТА  
ТВАРИННИЦТВА

Колій Р. О., бакалавр, e-mail: [kolii.r.o@gmail.com](mailto:kolii.r.o@gmail.com)  
Лихобаба Р. О., бакалавр, e-mail: [lykhobaba@gmail.com](mailto:lykhobaba@gmail.com)  
Науковий керівник доц. Міленін Д. М.  
Державний біотехнологічний університет

Оптичне випромінювання впливає на сільськогосподарських тварин і рослин через сітківку очей та рецептори шкіри, змінюючи їх фізіологічні процеси, такі як утворення біологічно активних речовин і збільшення рівня гемоглобіну. Використання додаткового штучного освітлення в приміщеннях з сільськогосподарськими тваринами та рослинами сприяє покращенню їх продуктивності та здоров'я. Розроблені методи підвищення енергоефективності опромінювальних установок на основі оптичних технологій сприяють поліпшенню зростання та розвитку сільськогосподарських тварин і рослин, а також зниженню енергетичних витрат.

Для вирішення проблеми енергозбереження та підвищення ефективності облучувальних систем є необхідним. Це підтверджує актуальність цієї роботи, що полягає у розробці та вдосконаленні енергозберігаючих і біологічно ефективних облучувальних пристроїв для освітлення та опромінення у тваринництві та рослинництві. Оптимізація технологічного освітлення та опромінення полягає у задоволенні фізіологічних потреб біологічних об'єктів у світлі за рахунок штучного освітлення та опромінення з необхідними кількісними та якісними характеристиками випромінювання та вдосконаленні технічних засобів опромінення для підвищення енергоефективності.

Уявлення про ефективність виклику червоного змінилося, розвивається зір птахів, проте наразі відсутні чіткі вимоги до нових технічних розробок джерел випромінювання для сільського господарства.

Після аналізу світлотехнічних параметрів та показників ефективності джерел випромінювання стало очевидним, що потрібне вдосконалення теорії та обґрунтований вибір спектрального складу джерел випромінювання і опромінювальних пристроїв. Аналіз існуючих джерел в УФ і видимому випромінюванні показує недостатню різноманітність високоефективних джерел випромінювання в сільському господарстві та потребу в нових розробках у цій галузі.

Вивчення існуючих світлотехнічних установок та останніх розробок у галузі сільського господарства підкреслює нестачу комбінованих та універсальних установок для впливу на різні біооб'єкти та забезпечення багатofункціонального впливу. Пропозиції щодо розробки нових і вдосконалення існуючих джерел випромінювання для сільськогосподарських біооб'єктів на даний момент перебувають на рівні початкових, попередніх досліджень або відсутні.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс: навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.
2. Айзенберг, Ю. Б. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М. : Энергоатомиздат, 1995 - 267 с.
3. Holsteijn, H. M. C. Growth and photosynthesis of lettuce / H. M. C. Holsteijn. – Wageningen, 1981. – 132 p.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
ТЕПЛОУТИЛІЗАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ КОТЕЛЬНОЇ  
Колузаєв О. О., магістр e-mail: [yaroslav1107@ukr.net](mailto:yaroslav1107@ukr.net)  
Науковий керівник д.т.н., проф. Лисиченко М. Л.  
Державний біотехнологічний університет

Значним резервом економії палива в котельнях є використання теплоти з вихідних продуктів згорання. Для газових котельнях в якості тепло утилізатора використовують, так звані контактні теплообмінники, які дозволяють осаджувати продукти згорання нище крапки роси, що дозволяє використовувати сховану теплоту конденсації які є в продуктах горіння водяних парів. У той же час температура нагрівання пару води в таких тепло утилізаторах обмежена температурою мокрого термометра. Застосування проміжного теплообмінника з метою забезпечити подачу високої якості води. Останнім часом в якості додаткового споживача води контактних тепло утилізаторів застосовують повітряні підігрівачі дут'євого повітря котлів, як для економії палива, так і для отримання екологічного ефекту, а саме зниження кількості викидів оксидів азоту [1].

Подальше підвищення ефективності утилізації в контактному повітрянопідігрівачі і при конденсації вологи із продуктів горіння можливо завдяки удосконаленню електроприводу витяжного вентилятора [2].

В контактному тепло утилізаторі внаслідок охолодження продуктів горіння нище крапки роси витрати водяних парів в загальному потоці продуктів горіння загалом знижується з 1452 *кг/год* до 259 *кг/год* [3]. Відомо, що у разі забезпечення якісним конденсатом та після видалення CO<sub>2</sub>, підігріту воду можливо використовувати повторно для підживлення тепломережі на об'єкті, фактично в теплоутилізаційному пристрої може виділятися до 82 % вологи. Таким чином, доцільно для отримання максимальної кількості води необхідно змінювати інтенсивність обдуву в залежності від концентрації і температури речовини згорання. Для технічної реалізації запропонованого способу підвищення ефективності теплоутилізаційної установки в котельні треба застосувати перетворювач частоти електроприводу вентилятора, який буде автоматично змінювати частоту обертання в залежності від концентрації CO<sub>2</sub> і загального об'єму продуктів згорання у димоході.

Доля використання теплоти в теплоутилізаційній установці досягає максимального значення і залежить від величини відносної зміни температур продуктів згорання.

Таким чином, розрахунки показують, що теплодинамічний ККД установки в частині підігріву та утилізації видувного повітря можливо підвищити на 35-45 %, що імовірно приведе до зниження відповідно енерговитрат на підігрів

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенюк Л. Г. и др. Комплексная система утилизации тепла уходящих газов котла. / Л. Г. Семенюк, А. А. Михайлов, О. В. Шпилов и др. // Промышленная электроника. 1991. №12. С37-40.
2. Акимов Л. В. Автоматизированный электропривод: элементы, теория системы управления / Л. В. Акимов, П. А. Качанов, А. Н. Черенов. Харьков: Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2011. – 532 с.
3. Бродянский В. М. и др. Энергетические расчеты технических систем / В. М. Бродянский, Г. П. Верхивкер, Я. Я. Карчев и др. Киев: Наукова думка, 1991. 360 с.



ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА  
ПРИВОДУ НАСОСА СИСТЕМИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ

Костюк О. О., бакалавр, e-mail: [VVS11101992@gmail.com](mailto:VVS11101992@gmail.com)

Науковий керівник ст. викл. Сухін В. В.  
Державний біотехнологічний університет

Коректність, ефективність та безпека функціонування будь-якого технологічного процесу, залежить від правильності проектування електроприводів його робочих машин. Відповідно до цього, перевірка адекватності технічних рішень, прийнятих в проєкті інженером-електромеханіком є актуальним завданням, яке потребує вирішення. У даній доповіді, представляється процес моделювання роботи електропривода насоса системи водозабезпечення багатоквартирного будинку.

Моделювання режимів роботи асинхронного електроприводу здійснюється за допомогою програми MATLAB і її бібліотеки Simulink. Для створення імітаційної моделі використані параметри схеми заміщення двигуна. Імітаційна модель для зняття перехідних процесів зображена на рис. 1.

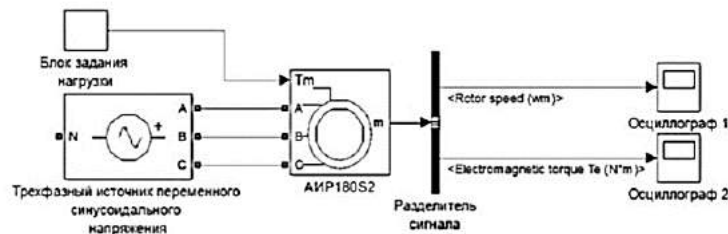


Рисунок 1 – Імітаційна модель прямого пуску асинхронного двигуна

Для отримання перехідних характеристик пуску двигуна, накидання та скидання навантаження в одних осях, була створена модель блоку завдання навантаження, яка приведена на рис. 2.

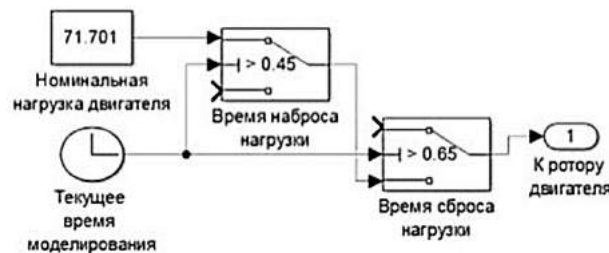


Рисунок 2 – Імітаційна модель блоку завдання навантаження

Після модулювання були отримані перехідні характеристики швидкості і моменту, а також динамічна механічна характеристика при прямому пуску цього двигуна без навантаження і при накиданні навантаження.

Аналізуючи графіки модель двигуна працює правильно, імітаційна модель адекватна, двигун виходить на номінальну швидкість ( $\omega_n = 306 \text{ рад/с}$ ) при номінальному навантаженні ( $M_n = 71 \text{ Н} \cdot \text{м}$ ) та частоті мережі живлення. Отже, перехідні характеристики отримані вірно [1].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

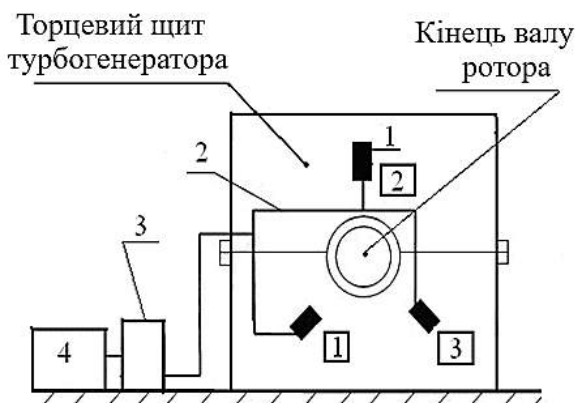
1. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учебное пособие / В.Б. Терехин. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 320 с.

## ВИБІР СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ СТАНУ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ У СТАНІ ЗНОСУ

Крамар Д. М., студент, e-mail: [Danylo.Kramar@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Danylo.Kramar@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Шевченко В. В.  
Національний технічний університет «ХПІ»

Споживання електроенергії планети зростає безперервно. Забезпечити такий приріст у найближчі десятиліття можна лише за рахунок збільшення кількості атомних електростанцій (АЕС) та підвищення потужності турбогенераторів (ТГ), які встановлені на АЕС [1]. Вже зараз АЕС виробляють близько 11-12% електроенергії у світі. За прогнозом фахівців, незважаючи на впровадження енергозберігаючих технологій та зростання енергоефективності виробництва, на розвиток енергетики від поновлюваних джерел енергії попит на електроенергію до 2050 року збільшиться у 1,5 рази, а частка АЕС у її виробленні збільшиться у 1,2 рази. Україна – країна із розвинутою атомною енергетикою. Програма економічного розвитку країни до 2050 року передбачає подальше збільшення потужностей українських АЕС за рахунок добудови нових блоків та підвищення одиничної потужності ТГ. ТГ – основний, але, водночас найскладніший і найдорожчий елемент енергосистеми. Зношеність ТГ на АЕС характеризуються високими ризиками виникнення аварій, небезпечних для людей та довкілля. Навіть поодинокі аварії може мати катастрофічні наслідки, що довели аварії на АЕС: "Три-Майл-Айленд" (США, 1979 рік), на Чорнобильській АЕС (СРСР, 1986 рік), на Фукусімі-1 (Японія, 2011 р.). На електростанціях України через світову економічну кризу та, головне, через війну неможлива заміна зношеного обладнання, що потребує збільшення кількості контрольованих параметрів.



Через те на ТГ блоків АЕС додатково встановлюють термо- та вібродатчики, показники з яких виводять на пульти управління. Однак при цьому зростає навантаження на операторів, зростають ризики помилок – «людський фактор». Можливо скоротити кількість інформаційних каналів за рахунок передачі ряду функцій людини автоматичі, роботам та комп'ютерним системам. Але найкращим засобом зменшення навантаження на людину-оператора є обмеження цих каналів. Можна запропонувати відмовитися від додаткової установки термодатчиків, обмежитися

встановленням вібродатчиків, як більш інформативних, що підтверджують дослідження фахівців різних країн. Пропозиції щодо встановлення додаткових вібродатчиків показано на рис. 1. Таке розташування дозволить проводити контроль вібрації та, у разі потреби, проводити заміну датчика без зупинки ТГ.

Загальносвітова тенденція підвищення питомої потужності ТГ ( $\text{кВт/кг}$  та  $\text{кВт/м}^3$ ), наростання теплових навантажень при заміні охолоджуючого газу (відмова від водню в об'ємі ТГ, його заміна на повітря) зробило ще більш актуальним завдання контролю стану ТГ в процесі експлуатації в режимі *on-line*.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Shevchenko V.V., Minko A.N., Dimov M. Improvement of Turbogenerators as a Technical Basis for Ensuring the Energy Independence of Ukraine // Kharkiv: NTU "KhPI". – Electrical Engineering & Electromechanics. – 2021, no. 4. – Pp. 19-30. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/59962>

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДАМИ  
З РЕГУЛЯТОРОМ СПІВВІДНОШЕННЯ ШВИДКОСТЕЙ

Кузьменко М. К., бакалавр, e-mail: [Mykhailo.Kuzmenko@ieec.khpi.edu.ua](mailto:Mykhailo.Kuzmenko@ieec.khpi.edu.ua)

Науковий керівник доц. Тукалов І. О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Під час вирішення завдань комплексної автоматизації сучасних промислових об'єктів характерним є збільшення кількості механізмів і двигунів в одній технологічній установці. Є цілий клас систем сепаратних електроприводів із загальними задатчиком і регулятором швидкості (пов'язаних за керуючим впливом за для забезпечення рівності швидкостей), але з окремими двигунами, які отримують живлення від індивідуальних перетворювачів.

Однак, при слабкому механічному зв'язку між механізмами або взагалі, при його відсутності, робота системи може супроводжуватися великими неузгодженостями за швидкістю між двигунами, що є неприпустимим. Подібне має місце, наприклад, в електромеханічній системі обертання двох конусів розмотувача листового прокатного стану, якщо через перекіс рулону один з конусів прослизає (буксує).

Для ліквідації цього явища використовується додатковий ПІ-регулятор співвідношення швидкостей РСШ (рис.1), який має передавальну функцію виду:

$$W_{РСШ}(p) = \frac{K_{РСШ} \cdot (\tau \cdot p + 1)}{\tau \cdot p}; \quad \text{з параметрами} \quad K_{РСШ} = \frac{T_M \cdot K_{дс} \cdot k_{\Phi}}{2 \cdot T_{\mu ш} \cdot R_e \cdot K_{дш}}; \quad \tau = 4 \cdot T_{\mu ш},$$

які розраховуються відповідно для традиційно налаштованої СПР швидкості.

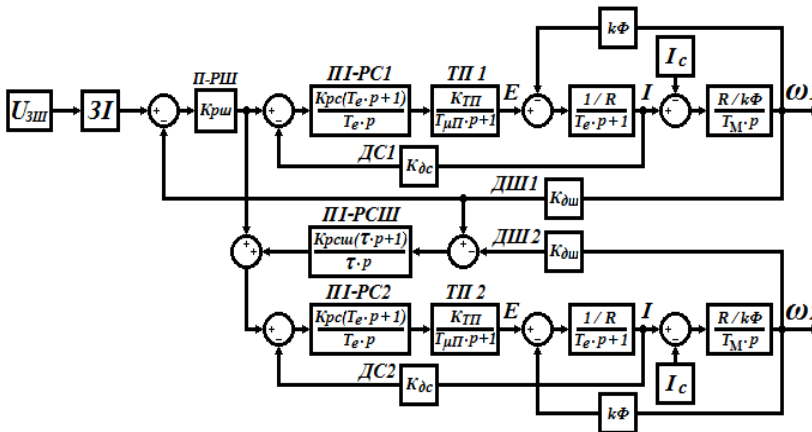


Рисунок 1 - Повна структурна схема взаємозалежної системи з паралельними зв'язками по керуючому впливу, яка складається з двох однакових електроприводів та містить регулятор РСШ

При наявності ПІ-регулятора струму і налаштуванні РСШ контура регулювання похибки  $\Delta\omega$  на симетричний оптимум система буде двократноінтегруючою і усуватиме похибки як по керуючому, так і по збурюючому впливу (тобто, стане слідкуючою). Залишиться тільки звичайна динамічна похибка СПР. Приклад перехідних процесів в електроприводі при зміні навантаження одного з двигунів у процесі розгону та сталому режимі показано на рис. 2.

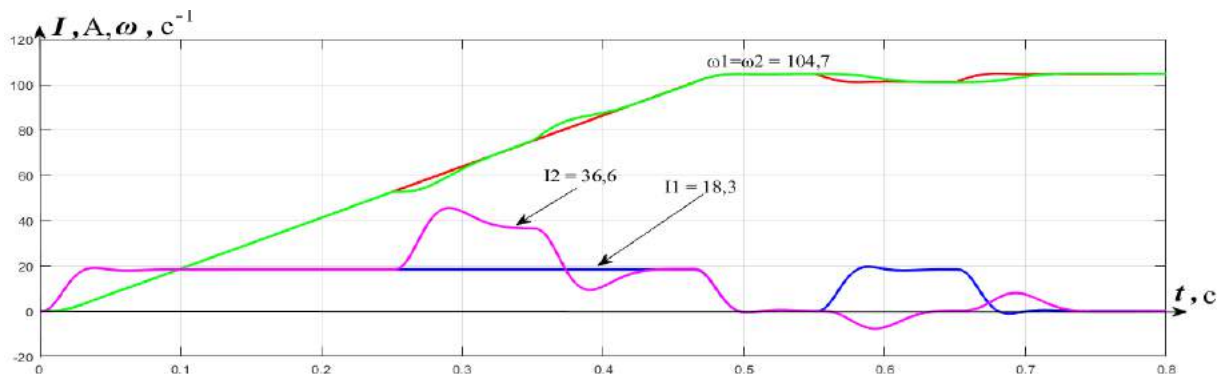


Рисунок 2 - Перехідні процеси при розбалансованості навантажень двигунів

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ЗА ДОПОМОГОЮ  
ПРОГРАМИ MATLAB/Simulink

Ладний Б. Б., e-mail: [Hhsndrrjdj79@gmail.com](mailto:Hhsndrrjdj79@gmail.com)

Науковий керівник доц. Сотнік О. В.

Державний біотехнологічний університет

Прямий пуск асинхронного електродвигуна (АД) характеризується значними коливаннями електромагнітного моменту та великими значеннями пускового струму, що в середньому перевищує номінальне значення в 5-7 разів. Все це негативно відбивається на термін роботи АД. В сучасному автоматизованому електроприводі широке розповсюдження отримали перетворювачі частоти (ПЧ) зі скалярним способом керування. Для отримання заданих параметрів мікроклімату тваринницьких приміщень застосовують ПЧ, які дозволяють плавно в широких межах регулювати швидкість обертання ротора АД, тим самим підтримують нормований повітряобмін у приміщенні.

Достовірність та широкий спектр отриманих результатів досліджень забезпечить використання програми MATLAB/Simulink. Побудована структурно-математична модель автоматичної системи управління на базі якої можна провести дослідження роботи електропривода вентилятора тваринницького приміщення (рис. 1) [1]. Основними складовими моделі дослідження є: джерело змінної трифазної напруги Source; пропорційно-інтегральний регулятор, в якому міститься обмежувач струму; перетворювач частоти зі скалярним управлінням; АД - Asynchronous Machine; датчик зворотнього зв'язку, що містить показники температури та вуглекислого газу; блоки Scope для спостереження миттєвих струмів ротора і статора, а також швидкості і моменту асинхронної машини, а також містить блоки ІР компенсації та компенсації ковзання [2, 3].

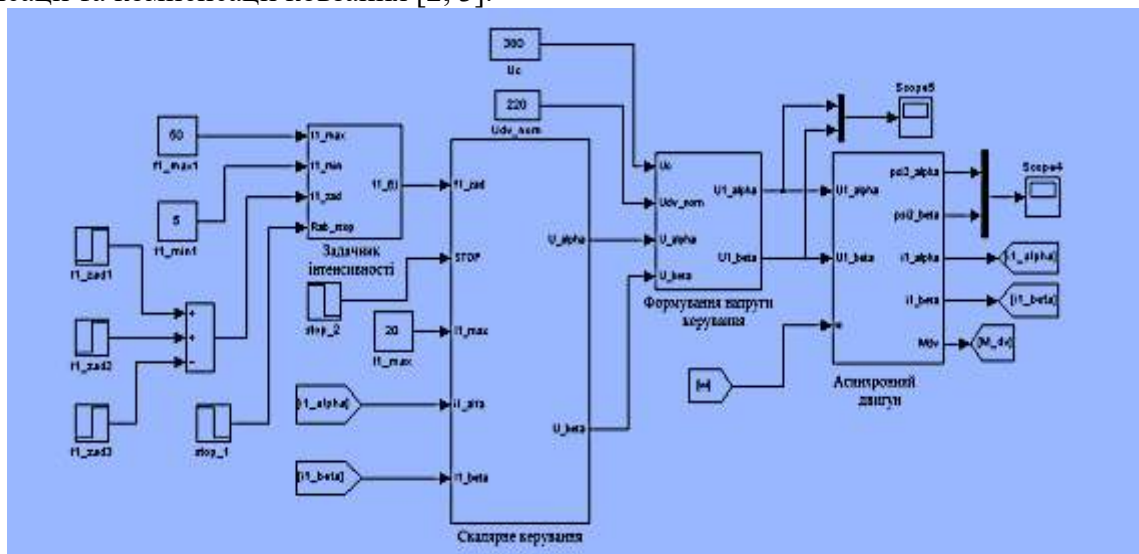


Рисунок 1 – Модель роботи електропривода вентилятора з використанням ПЧ зі скалярним управлінням в MATLAB/Simulink

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. MATLAB “imagesc” function. URL: <https://www.mathworks.com/>
2. Толочко О. І. Векторні моделі асинхронного двигуна у середовищі пакета MATLAB / О. І. Толочко, Г. С. Чекавський, Д. М. Мірошник // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: Наукові праці КДПУ. – Кременчук, 2003. – Т.1. – № 2 (19). – С. 199 – 202.
3. 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.

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ ТА НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГИ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ  
ХАРАКТЕРИСТИКИ ДРОБАРОК

Лац П. І., магістр, e-mail: [pavlo.lats@ukr.net](mailto:pavlo.lats@ukr.net)

Науковий керівник доц. Синявський О. Ю.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Відхилення та несиметрія напруги в електромережі від нормованих значень призводить до економічних збитків [1], які мають дві складові: електромагнітну і технологічну. Електромагнітна складова визначається в основному втратою активної потужності і зміною терміну служби ізоляції електрообладнання. Технологічна складова збитків обумовлена впливом якості електричної енергії на продуктивність технологічних установок та собівартість продукції, що випускається

У результаті проведених проф. І. І. Ревенком експериментальних досліджень встановлено, що швидкість молотків є найсуттєвішим фактором подрібнення у молотковій дробарці [2].

Мета дослідження – встановити вплив відхилення та несиметрії напруги у мережі живлення на енергетичні характеристики дробарок.

Відхилення та несиметрія напруги викликають зміну кутової швидкості дробарок, тому змінюються їх продуктивність, питома витрата енергії і модуль помелу.

Лабораторні дослідження проводилися на експериментальній установці, виконаній на базі універсальної молоткової дробарки КДУ-2 з переобладнанням, що дозволило в заданих межах змінювати досліджувані параметри. Як перероблюваний матеріал використовували сіно конюшини та люпину.

У результаті проведених досліджень встановлено, що продуктивність дробарки зменшується як при підвищенні, так і при зниженні напруги від номінального значення. При зниженні напруги нелінійно зростає модуль помелу. При підвищенні напруги не відбувається збільшення продуктивності і ступеня подрібнення, а має місце лише надлишкове перетирання продукту.

Питома витрата електроенергії в електроприводі при відхиленні напруги:

$$q_* = \eta_n Q_*^2 + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha + 1)} \cdot \frac{(\alpha U_*^2 + Q_*^4 / U_*^4)}{Q_*}, \quad (1)$$

де  $\eta_n$  – номінальний ККД двигуна;  $Q_*$  – продуктивність дробарки у в.о.;  $U_*$  – напруга у в.о.;  $\alpha$  – коефіцієнт втрат.

Питома витрата електроенергії в електроприводі при несиметрії напруги:

$$q_* = \eta_n Q_*^2 + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha + 1)} \cdot \frac{(\alpha_a + Q_*^4 / \beta_{\alpha a^*})}{Q_*}, \quad (2)$$

де  $\beta_{\alpha a^*}$  – жорсткість механічної характеристики електродвигуна у в.о.

Із залежностей (1) та (2) випливає, що зниження та несиметрія напруги викликає зростання питомої витрати електроенергії в електроприводі дробарок.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Адамова С. Аналіз впливу якості електроенергії на роботу струмоприймачів. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. 2018. Вип. 8, т. 2. С. 1-10.
2. Ревенко И.И. Исследование влияния основных параметров молотковой дробилки на процесс измельчения стебельчатых материалов: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 410 «механизация сельскохозяйственного производства». К.: 1968. – 17 с.
3. Pakkaweey Hayamin, Chaiyapon Thongchaisuratkrul. Effects of Induction Motor Using Unbalance Voltage. International Journal of the Computer, the Internet and Management. 2018. Vol. 26, No. 3. P. 98-103.



Аналіз існуючих способів зберігання зерна в господарствах України показав, що найбільш розповсюдженими є сучасні спеціалізовані елеватори (10%), бетонні або металеві зерносховища в господарствах (52%) та інші будь які споруди, які пристосовані чи використовуються тимчасово під зберігання зерна (38%). В будь якому разі сучасні електротехнологічні комплекси і системи активного вентилявання зерна повинні забезпечувати встановлення і контролю взаємозв'язків між параметрами режимів вентилявання і зміною тепловологісного стану зернового насипу та його зернової зараженості, що має істотне значення для підвищення та збереження якісних характеристик зерна впродовж його тривалого зберігання. Відповідно «Стратегії розвитку...» передбачається істотне переоснащення матеріально-технічної бази сільськогосподарських товаровиробників усіх форм власності новою технікою або удосконалення існуючих робочих машин і систем [1].

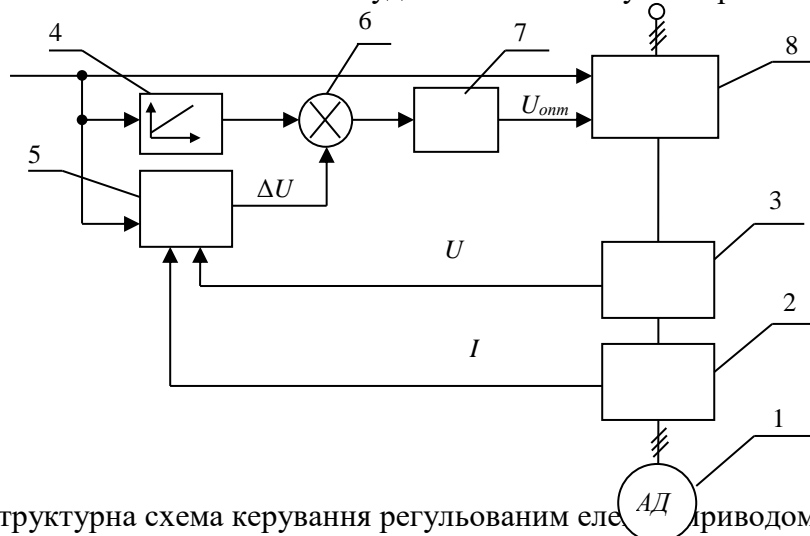


Рисунок 1 – структурна схема керування регульованим електричним приводом вентилятора:

- 1- асинхронний двигун; 2 – датчики струму і напруги; 3 – основний функціональний блок керування; 4 – додатковий функціональний блок керування; 5 – розрахунковий блок; 6 – блок збору і обробки сигналів; 7 – регулятор напруги; 8 – перетворювач частоти.

Одним із напрямків підвищення ефективності системи примусового вентилявання є застосування регульованого електроприводу вентилятора, завдяки якому швидкість обертання автоматично змінюється в залежності від вологості і температури припливного повітря [2]. Технічне рішення може бути виконане на основі застосування перетворювача частоти виробництва компанії *Schneider Electric* типу *Altivar 32* з використанням існуючих додаткових електронних засобів, приладів та схемних рішень для автоматизації процесу активного вентилявання зерна в зерносховищі [3]. Очікуваний техніко-економічний ефект, як показують розрахунки, складається із зниження на 15-18 % витрат електроенергії і підвищення ефективності видалення вологи із бурту зерна на 10-14 %.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / За ред. НААН України Я. М. Гадзала, М. І. Бащенко, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка – Київ: Аграр. Наука, 2016. – 216 с.
2. Акимов Л. В. Автоматизированный электропривод: элементы, теория системы управления / Л. В. Акимов, П. А. Качанов, А. Н. Черенов. Харьков: Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2011. – 532 с.
3. Синявський О. Ю. Электропривод і автоматизація / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, ін. Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

## ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕВАТОРА ПІД ЧАС ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНА

Мардзявко В. А., [vitalijmardzavko@gmail.com](mailto:vitalijmardzavko@gmail.com)Руденко А. Ю., [andrey0911r@gmail.com](mailto:andrey0911r@gmail.com)Науковий керівник д.т.н., проф. Тимчук С. О.  
Державний біотехнологічний університет м. Харків

Пошкодження зернової культури під час транспортування через елеватор і їх зберігання є невід'ємними факторами. Урожай зернових частково травмується ще на полях під час збирання і продовжує травмуватися на зерносховищах. Перший фактор пошкодження зерна та зниження його якості у елеваторному комплексі - це завантаження його в ємності для зберігання та обробки. Під час цього процесу перші десятки або сотні тонн зерна можуть пошкодитися та розмелюватися, що призводить до погіршення якості та збільшення кількості домішок. Другий фактор пошкодження - переміщення зернової маси під час технологічного процесу, яке відбувається за допомогою транспортерів та норій.

Механічні ушкодження зерна під час транспортування виникають через різноманітність зернових культур та їхніх фізичних характеристик, тому необхідно створити відповідні умови для різних видів або сумісних культур. Для покращення надійності і ефективності транспортування можуть бути використані резервні транспортні гілки та зернообробні машини для одночасного прийому або вивантаження на декілька автомобілів або вагонів одночасно.

Існуючі алгоритми маршрутизації елеватора [1] не ураховують критерії оптимальності, такі як ефективність транспортування та вплив на якість зерна. Побудова оптимального маршруту повинна базуватися на мінімізації втрат зернової продукції. Це може бути досягнуто за допомогою програмованих логічних контролерів, які враховують стан технологічного обладнання та вибирають оптимальний маршрут з урахуванням мінімального пошкодження зерна [2]. Таким чином, механічні ушкодження зерна під час транспортування можуть бути зменшені за рахунок оптимізації маршрутів та умов перевезення.

При цьому необхідно враховувати, в кожному наступному елементі, коефіцієнт впливу попереднього елемента транспортуючого обладнання, таким чином критерій оптимальності за  $\min$  бою зерна можна представити у вигляді:

$$C_{\text{б.з.}\min} = K_{\text{б.е1}}k_n + (K_{\text{б.е1}} + K_{\text{б.е2}})k_n + (K_{\text{б.е1}} + K_{\text{б.е2}} + K_{\text{б.е3}})k_n + \dots + \sum K_{\text{б.е.n+1}}k_n, \quad (1)$$

де  $K_{\text{б}}$  - коефіцієнт впливу елементів транспортуючого обладнання, клапанів і засувки технологічного маршруту;  $k$  - коефіцієнт, який характеризує задіяність елемента в процесі маршрутизації ( $k = 0$  - елемент використовується для транспортування,  $k = 1$  - елемент не використовується для транспортування).

Використання вищезазначеного критерію при формуванні основного або альтернативного маршруту транспортування може сприяти зниженню механічних пошкоджень зернової маси під час перевезення, що в свою чергу призведе до підвищення продуктивності та якості технологічного процесу в елеваторному комплексі. Для підприємств, які спрямовані на міжнародні ринки споживання, основними є показники якості зерна, які, у деяких випадках, можна покращити шляхом пошуку оптимальних маршрутів транспортування зерна за заданими оператором критеріями. Подібне удосконалення процесу керування, можливо на основі створення математичної моделі багатокритеріальної оптимізації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Тимчук О., Кунденко М., Мардзявко В. Аналіз автоматизованих систем управління обладнанням для транспортування зернової продукції на елеваторах. *Енергетика і автоматика*. 2021. Т. 58, № 6. С. 18–32.
2. Тимчук С., Сиротенко М., Мардзявко В. Підвищення ефективності технологічного процесу елеваторного комплексу за рахунок оптимальної маршрутизації. *Інженерія природокористування*. 2021. Т. 22, № 4. С. 82–88.

СУЧАСНІ МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ ІЗОЛЯЦІЇ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТА АПАРАТІВ

Марченко В. В. e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Науковий керівник к.т.н. доцент Чорна М. О.  
Державний біотехнологічний університет

Щоб забезпечити безперервність процесу виробництва електроенергії та мінімізувати втрати, які відбуваються через поломку обладнання та його відмови, необхідно проводити діагностику електричних машин і апаратів. Найпоширенішим на промисловому підприємстві є обладнання, що має у своєму складі асинхронний двигун.

Згідно статистики серед переліку факторів, що є причинами аварій електричних двигунів, пошкодження ізоляції складають понад 40% [1, 2]. Так само по експлуатаційним статистичним даним встановлено, що до 80-85% усіх видів електричних пошкоджень статора АД, складають міжвиткові замикання, викликані пробоем ізоляції [3].

Складність процесів, що спостерігаються в ізоляції електричних машин, зумовлює, з одного боку, появу значної кількості методів вимірювання її параметрів, а з іншого – їх складність застосування та, у певних випадках, невисоку точність

Діагностика асинхронного двигуна відбувається в три етапи, до яких відносяться виробництво електрообладнання, його експлуатація та ремонт.

Етап виробництва є важливим, бо надійність і якість роботи залежить від якості виготовлених деталей та їх монтажу, від встановлення параметрів двигуна. Якщо під час складання відбуваються несправності, такі як зазори, зміщення деталей, то зменшується термін експлуатації обладнання.

Дефекти, що виникають під час експлуатації обладнання, можуть бути розділені на дві групи. До першої групи належать дефекти, що швидко розвиваються, які призводять до миттєвої відмови обладнання, наприклад, під час впливу навантажень, що виникають миттєво. До другої групи належать дефекти, що повільно розвиваються, які можна спрогнозувати й усунути до досягнення їхнього критичного рівня. Тому діагностика електрообладнання на стадії експлуатації так само важлива, як і на стадії виробництва.

Діагностика обладнання на стадії ремонту проводиться як перед початком ремонту, так і після його закінчення. Але, як правило, зменшується ефективність роботи електродвигуна після його ремонту, наприклад, коли було зроблено розбирання та заміну деталей, оскільки важко на стадії ремонту побачити пошкодження стрижня короткозамкненого ротора або дефект ізоляції обмотки статора [1].

Сучасні методи діагностування асинхронних двигунів можна розділити на дві групи.

До першої групи належать методи тестової діагностики, яка включає в себе:

- вимірювання опору ізоляції;
- вимірювання тангенса кута діелектричних втрат;
- вимірювання струмів витоку;
- вимірювання внутрішнього опору обмоток.

Ці способи діагностування можуть як передбачити розвиток дефектів, так і сприяти їх появі. Якщо відбувся плановий ремонт двигуна, то після його складання необхідно провести випробування підвищеною напругою. Даний тест на виявлення наявності пошкоджень призводить до мікродефектів, які при подальшій експлуатації асинхронного двигуна можуть вивести його з ладу, якщо той, зі свого боку, підпадає під вплив неякісної електроенергії або ж перевантажень.

Функціональні методи належать до другої групи. Вони дають змогу проводити діагностику під час роботи електродвигуна [2].

Коротко розглянемо деякі методи діагностики, що застосовуються на сьогоднішній день:  
- вібродіагностика;

- вимірювання та аналіз магнітного потоку в зазорі двигуна і зовнішнього магнітного поля;
- вимірювання та аналіз температури окремих елементів машини.

Найпоширенішим вважається вібраційний метод, в основі якого лежить вивчення вібраційних характеристик у різних точках електричного двигуна. Незважаючи на поширеність цього методу в нашій країні, він має низку недоліків, наприклад, дорожня спеціального вимірювального обладнання, нерідка відсутність доступу до елементів двигуна, а також не завжди можлива відбудова від вібрацій "сусіднього" обладнання, що ускладнює вимірювання [3].

Для того щоб виміряти магнітний потік у зазорі двигуна, знадобиться встановлення датчиків магнітного поля безпосередньо до об'єкта діагностування. Цей метод застосовний тільки для високовольтних електродвигунів [4].

Тепловізійний контроль досить точно здатний визначити стан підшипникових вузлів електричного двигуна. Але цей метод не має можливості провести контроль внутрішніх пошкоджень ізоляції. Щоб зробити безконтактну діагностику, використовують інфрачервоні пірометри, які є марними при закритому виконанні двигуна.

Методи контролю стану ізоляції, які базуються на вимірах неелектричних величин [3, 4], потребують точної інформації про фізичні властивості матеріалів та коефіцієнтів, які зазвичай неможливо виміряти або отримати.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що будь-який із наведених методів має свої переваги та недоліки, але для забезпечення безперебійного процесу вироблення електроенергії необхідно або вдосконалити наявні методи, або розробити нові.

З метою підвищення точності та достовірності результатів діагностування потрібне вдосконалення існуючих і розробка нових методів і засобів діагностики асинхронних двигунів в процесі експлуатації, тих, що мають більш універсальний підхід до виявлюваних видів дефектів. Отже кожен з параметрів, що розглядається в різних методах, окремо не надає достатньої інформації для прийняття рішення про необхідність проведення ремонту електричної машини, визначення масштабу цього ремонту або прогнозування часу безаварійної роботи.

Доцільно, при діагностуванні, враховувати всі параметри, що характеризують технічний стан ізоляції, одночасно. Для цього рекомендована розробка засобів комплексної діагностики електричних машин малої і середньої потужності на основі методів, що використовують електричні, магнітні, теплові та вібраційні виміри одночасно з автоматизованою системою прийняття рішень щодо подальшої експлуатації.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Афонін В.В. та ін. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
2. Матвійчук В.А., Рубаненко О.Є., Стаднійчук І.П. Електротехнології в АПК. Вінниця : Твори, 2020. 272 с.
3. Губаревич О.В., Голубева С.М. Систематизація дефектів і вибір методів діагностики технічного стану ізоляції асинхронних двигунів: Тези доповідей III Міжнародної науково-практичної конференції «Мехатронні системи: інновації та інжиніринг», 10 жовтня 2019 р. / відп. за вип. М. А. Зенкін. – Київ: КНУТД, 2019. – 176 с. С.65-67.
4. Худий Є. Г. Сучасні методи діагностики стану ізоляції електричних машин /Є. Г., Худий, І. І. Пельтек// "Вісник НТУ "ХП": Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. №28 - Вісник НТУ "ХП", 2010. С.549-550. - ISSN 2079-8024.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК  
ТВАРИННИЦЬКИХ ПРИМІЩЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ  
СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ З ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ

Марченко І. О. e-mail: [igormarchenko02@gmail.com](mailto:igormarchenko02@gmail.com)

Науковий керівник доц. Сотнік О. В.  
Державний біотехнологічний університет

Сучасний електропривод (ЕП) – це електромеханічна система, що включає силовий перетворювач, електродвигун, передавальний механізм і систему керування, яка призначена для приведення в рух робочих органів машин і механізмів. [1]. Вагому частку споживання електроенергії в країні займає електропривод (більше 60 %). Ощадне використання енергоресурсів є запорукою успішної, незалежної держави. Тому, можна вважати, використання перетворювачів частоти (ПЧ), які вирішують два основні завдання: управління моментом і швидкістю обертання електродвигуна, невід’ємною частиною сучасного регульованого ЕП.

ЕП вентиляторів, для яких важливо підтримувати швидкість обертання валу двигуна більш розповсюджено використання ПЧ зі скалярним способом управління. Сучасні ПЧ мають багатокомпонентну структуру, однак основним елементом систем управління є спеціалізований мікроконтролер або цифровий сигнальний процесор (DSP). Спеціалізований мікроконтролер необхідний для реалізації сучасних алгоритмів управління та складних обчислень в режимі реального часу. Система управління може бути одно або багато процесорною. Однопроцесорні системи мають ряд істотних недоліків. Однак при вирішенні завдань управління невисокої складності перевага віддається однопроцесорним системам через простоту апаратної і програмної реалізації.

ПЧ конструктивно будуються за модульним принципом, що дозволяє вводити в них додаткові функціональні модулі, які в поєднанні з вбудованими програмними засобами дозволяють отримати різну конфігурацію ЕП, що відповідає вимогам замовника від найпростіших розімкнутих до точних замкнених систем позиціонування. Як правило, такі модулі (плати) розширення містять в своєму складі аналогові й дискретні входи і виходи, а також інтерфейси зв'язку.

Всі аналогові входи і виходи на платах розширення мають вбудоване джерело живлення і зазвичай виконуються гальванічно розв'язаним від системи управління і дискретних входів і виходів. Функції, виконувані аналоговими входами і виходами, програмуються з пульта управління. Найбільш часто аналогові входи служать для підключення датчиків зворотного зв'язку за технологічними параметрами (для цих цілей, як правило, передбачається один вхід напруги і один вхід струму).

ПЧ легко вбудовуються в сучасні системи автоматизованого управління. Широко використовується управління в реальному часі кількома перетворювачами, для чого пропонуються рішення з різними інтерфейсами зв'язку і топологіями мереж. Більшість ПЧ комплектується стандартним інтерфейсом RS-422 або RS-485 [2]. При цьому взаємодія здійснюється з використанням протоколів Modbus або Profibus або їх спрощених модифікацій. При використанні модулів розширення доступні додаткові інтерфейси (наприклад, CAN) і протоколи (Interbus, CANOpen, DeviceNet) [2].

Основне завдання, яке вирішується програмним забезпеченням ПЧ - реалізація різних методів управління електродвигуном і методів формування вихідної напруги.

#### 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. Програмований логічний контролер. URL: <https://owen.ua/ua/programovanilogichni-kontrolery>



ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДРУКОВАНОЇ ПОЛІГРАФІЧНОЇ  
ПРОДУКЦІЇ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ  
РІЗАЛЬНОЇ МАШИНИ

Монастир'юв О. С., магістр, email: [monastirov14k@gmail.com](mailto:monastirov14k@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н, доцент Гузенко В. В.

Державний біотехнологічний університет

Відомо, що від того, наскільки точно буде виконано різання паперу, залежить фінальна якість друкованої продукції. Особливо це важливо під час друку кольорової продукції на однофарбових або двофарбових друкарських машинах, а також при фінальній обробці заготовок на паперорізальних машинах з автоматичним самонакладом. При цьому кожному листу заготівлі доведеться пройти декілька різних машин або через один друкарський верстат, але кілька разів [1]. В цьому у разі папір повинен автоматично вирівнюватися з двох суміжних сторін. Таким чином, для отримання якісних листів на виході, листи повинні мати однаковий розмір, а також рівні кути (точно під 90 градусів) та якісну (без ворсинок і зазубрин) поверхню кромки.

Під час виконання наукової роботи цієї модернізували електропривод паперорізальної машини. Новий електропривод забезпечує якісну роботу всієї системи, має високий показник надійності. Спроекована система задовольняє всі поставлені вимоги.

Також після проведення цієї роботи переконалися, що електропривод є однією з найважливіших галузей науки і техніки, що бурхливо розвиваються, яка займає одне з провідних місць у автоматизації сучасної промисловості, напрямком його розвитку визначається за допомогою розширення деяких сфер застосування, а також підвищенням необхідних вимог до електротехнічних систем [2].

Удосконалення електроприводів у наші дні здійснюється за напрямку збільшення їх продуктивності, надійності, ергономічності, зниження питомих показників окремих пристроїв та електромеханічних систем. На всіх цих етапах удосконалення отримання даних показників супроводжувалося розвитком теоретичних засад.

Система управління є сукупністю взаємопов'язаних блоків, які отримують інформацію від робочих органів, аналізують її на основі даної інформації формують сигнали та відправляють їх на робочі органи машини. Даний елемент паперорізальної машини є одним з найважливіших, так як без нього просто неможлива робота машини в автоматичному режимі.

Рекомендований перетворювач частоти для електроприводу різальної машини, як показали дослідження, має ряд переваг. Довготривалі дослідження показали, що можна використовувати перетворювачі частоти при керуванні електроприводами у більшості промислових машинах. Він ідеально підходить у тому випадку, якщо необхідно забезпечити максимальну продуктивність або важливі малі габарити пристрою та його мала ціна.

Такі перетворювачі частоти мають діапазон потужностей від 0.2 кВт до 7.5 кВт, швидкодіючий захист від короткочасних перевантажень, що працює без відключення двигуна. У перетворювачах даного типу напруга мережі живлення випрямляється і через фільтр подається на автономний інвертор (AI), який, у свою чергу, перетворює постійну напругу на змінну або струм регульованої частоти. Вихідна частота може регулюватися в широкому діапазоні як вгору, так і вниз від номінальної частоти живлення двигуна Ця властивість, а також простота силових схем зробили ці перетворювачі основною структурою під час побудови широкодіапазонних електроприводів змінного струму.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Crowder R. Electric Drives and Electromechanical Systems: Applications and Control: Teaching material. – GB.: 2006. – 312 p.
2. Malcolm B. Practical Variable Speed Drives and Power Electronics: Textbook for technical students. – GB.: 2003. – 299 p.

АНАЛІЗ ДЖЕРЕЛ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ОПРОМІНЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТВАРИН І ПТИЦІ

Матяш М. О., бакалавр, e-mail: [smirnova\\_z@ukr.net](mailto:smirnova_z@ukr.net)

Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Для ультрафіолетового (УФ) опромінення сільськогосподарських тварин і птиці промисловість випускає спеціальні джерела УФ опромінення.

Ртутна лампа низького тиску (бактерицидна) по конструкції та електричним параметрам схожа на ртутну люмінесцентну лампу низького тиску. Колба лампи виготовлена зі спеціального скла, яке пропускає УФ випромінювання в межах 200-280 нм. Люмінофором вона не покривається.

Дюгові ртутні трубчаті лампи високого тиску ДРТ являють собою трубку з кварцового скла яка добре пропускає випромінювання в області від 200 до 400 нм. та у видимій області.

Для УФ опромінення сільськогосподарських тварин та птиці промисловість виготовляє опромінювачі та установки, в яких в якості джерела УФ випромінювання використовуються еритемні та ртутно-кварцеві лампи.

Еритемні опромінювачі типу Е01-30М включають в себе рефлектор, виготовлений з матової сталі та покритий антикорозійною фарбою, лампотримачі, еритемні лампи типу ЛЕ30 та захисну металеву решітку.

Світильник-опромінювач типу ОЕСПО2-2х40 призначений для одночасного освітлення та опромінення сільськогосподарських тварин.

Опромінювач складається з двох ламп (освітлювальної й ультрафіолетової) і рефлектора. В якості джерела видимого випромінювання в світильнику-опромінювачі використовується люмінесцентна лампа типу ЛБР-40 потужністю 40 Вт. Джерелом УФ випромінювання служить еритемна лампа типу ЛЕР40 потужністю 40 Вт. Лампи ввімкнені окремо.

Опромінювач з ртутно-кварцевою лампою ДРТ 400, призначений для опромінення інкубаційних яєць та молодняка сільськогосподарської птиці в перші дні після виводку, складається з рефлектора та пускорегулюючого пристрою, які з'єднані між собою гнучким шнуром. Опромінювачі можна використовувати стаціонарно або в рухомій установці. В останньому випадку опромінювачі за допомогою двох роликів підвішують на трос, по якому їх переміщують за допомогою електропривода. Механізована підвісна установка типу УО-4М призначена для УФ опромінення тварин.

Самохідна установка типу УОК-1 призначена для ультрафіолетового опромінювання курчат і курей при клітковому утриманні. В якості джерела опромінення в установці використовується дві лампи ДРТ. Привод установки здійснюється від трьохфазного електродвигуна напругою 380/220 В.

Стаціонарна ультрафіолетова опромінювальна установка СУФОУ розроблена на кафедрі „Застосування електричної енергії в сільському господарстві” ХНТУСГ, в комплект якої входить шафа керування РУС(А) з баластними пристроями, апаратура керування і захисту та ультрафіолетові опромінювачі КОР-2М з лампами типа ДРТ-400.

Опромінювачі стаціонарної установки розміщуються вздовж приміщення. Відстань між опромінювачами повинна бути такою, при якій величина мінімального опромінення була б не менше заданої.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гаврилюк І. А. Електрообладнання малих та середніх підприємств в АПК: навчальний посібник / Гаврилюк І. А., Ільчов І. П., Хандола Ю. М. – Харків: ХНТУСГ, 2003. – 180с.
2. Червінський Л. С. Оптичні технології в тваринництві / Л.С. Червінський – К.: Наукова думка, 2003. – С. 230.

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ВОДОСПОЖИВАННЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Назаренко А. Г., магістр, e-mail: [nazarenko87@gmail.com](mailto:nazarenko87@gmail.com)

Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Електроспоживання водопостачальної системи сільськогосподарських підприємств залежить від режиму роботи її структурних елементів на кожному рівні. Для оптимізації режиму електроспоживання системи подачі та розподілу води необхідно, в першу чергу, забезпечити оптимізацію режимів роботи на кожному рівні. В задачі оптимізації управління режимами систем водопостачання виділяють: 1) управління насосними агрегатами; 2) управління запасами чистої води в резервуарах на основі прогнозу водоспоживання; 3) моделювання гідравлічних режимів мережі.

Невідповідність запланованого режиму водопостачання реальному водоспоживанню призводить до виникнення надлишкових напорів, що зумовлює не лише прямі перевитрати електричної енергії на насосних станціях, але й підвищує імовірність аварій в мережі, сприяє більшим втратам води за рахунок теч в водопровідній мережі, а отже й додатковим перевитратам електричної енергії, яка витрачається насосними агрегатами на компенсацію втрати тиску.

Водоспоживання характеризується нерівномірністю і формується під впливом багатьох часто некерованих факторів, зокрема:

- технічних факторів, які мають значний вплив на величину водоспоживання, додаючи до корисної витрати води різні види її втрат;
- соціальних факторів, під впливом яких формуються нераціональні витрати води;
- тимчасових факторів, які зумовлюють порушення герметичності і утворення витоків води;
- економічних факторів – наявність або відсутність у споживачів можливості установки «водоємного» санітарно-технічного устаткування.

Зміни в часі водоспоживання, як і електроспоживання, є випадковими процесами, тобто функції випадковим чином залежні від часу, а також від ряду внутрішніх і зовнішніх факторів. Можна стверджувати, що водоспоживання – непостійний процес, домінуючими причинно-наслідковими факторами якого є час доби та соціальні фактори. В свою чергу, електроспоживання визначається об'ємами води, яка проходить через структурні елементи системи водопостачання, а також певними технологічними факторами, вплив яких можна коректувати шляхом оптимізації режиму роботи.

Отже, прогнозування водоспоживання є першим етапом у вирішенні задачі управління режимом роботи та контролю електроспоживання з метою підвищення ефективності функціонування систем водопостачання. При цьому, для одержання якісного прогнозу, необхідно забезпечити максимально повне врахування домінуючих факторів. Це, в свою чергу, дозволить здійснювати контроль протікання процесу та виявляти виникнення впливу факторів, що зумовлюють нераціональні витрати води.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О.В. Барало, П.Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В.О. Ковальов – Київ: Аграрна освіта, 2010 – 557 с.
2. Синявський О.Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О.Ю. Синявський, П.І. Савченко, В.В. Савченко, Ю.М. Лавріненко, І.П. Ільчов, Ю.М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

АНАЛІЗ УМОВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОМ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ОСНОВІ  
ТЕПЛОВИХ НАСОСІВ

Оберемко О. А., студент, e-mail: [Sedmeri16@gmail.com](mailto:Sedmeri16@gmail.com)

Науковий керівник Сергієнко Л. С.

Красноградський аграрно-технічний фаховий коледж імені Ф.Я.Тимошенка

Відновлювані джерела енергії привертають значну увагу в усьому світі в останні роки, оскільки країни прагнуть скоротити викиди парникових газів і рухатися до більш сталого енергетичного майбутнього. Забезпечення енергоефективного опалення та гарячої води для житлових будівель стає пріоритетом, а гібридні системи на основі теплових насосів можуть стати ефективним рішенням. Ці системи поєднують в собі переваги відновлювальних джерел енергії та забезпечують зменшення споживання традиційних джерел енергії, що сприяє екологічній сталості та зниженню викидів шкідливих речовин. Дослідження в цій галузі можуть сприяти розвитку нових технологій, підвищенню енергоефективності та сталості енергопостачання в житловому секторі, а також зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

При розробці систем з використанням теплових насосів необхідно враховувати наступне:

- система повинна забезпечувати обґрунтоване значення коефіцієнта перетворення енергії для відповідного низькотемпературного джерела теплоти, значення якого збільшується при зменшенні різниці між температурами теплоносія джерела та теплоносія абонентської системи.

- з теплоенергетичної оцінки очевидно, що слід використовувати низькопотенціальні джерела з вищою температурою, а абонентські системи – з нижчими температурами. Орієнтовно можна вважати, що зниження температури теплоносія для абонентської системи на 1°C веде до збільшення коефіцієнта перетворення приблизно на 2%;

- при проектуванні теплонасосних систем необхідно передбачати такі рішення, за яких сезонний коефіцієнт перетворення був би не менше мінімального нормованого значення;

- температура, а відповідно і тиск в процесі конденсації робочого тіла, повинні враховувати технічні можливості обладнання для забезпечення високоефективності роботи всієї системи та необхідний термін служби теплового насоса, зокрема компресора;

- теплонасосну систему розробляють з мінімальною кількістю запусків на годину. Вона повинна відповідати технічним умовам виробника теплового насоса та бути зручною для експлуатації без постійного обслуговування.

Використання тепла, перетвореного тепловими насосами із землі, води або повітря, дозволить замінити від третини до п'ятої частини теплової енергії, що виробляється звичайним електричним обладнанням. Аналіз умов забезпечення теплом житлових будівель на основі теплових насосів дають змогу визначити критерії вибору типу теплового насоса в залежності від конфігурації гібридної системи теплозабезпечення, що в свою чергу дає змогу формувати структуру гібридних систем теплозабезпечення на основі сучасних найперспективніших технологій відновлювальних джерел енергії при їх побудові.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дерев'янку Д.Г. Особливості визначення економічних показників доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності / Д.Г. Дерев'янку, А.О. Колодяжна, Ю.Г. Ницун // Енергетика: економіка, технології, екологія. - 2021 - № 2 - С. 87-94.
2. Гершкович В. Ф. Особенности проектирования систем теплоснабжения зданий с тепловыми насосами / В. Ф. Гершкович – К.: Украинская Академия Архитектуры ЧП – Энергоминимум, 2009 – 60 с

АНАЛІЗ ТИПІВ КОНВЕЄРНИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ  
Понасенков М. А., бакалавр, e-mail: [VVS11101992@gmail.com](mailto:VVS11101992@gmail.com)  
Науковий керівник ст. викл. Сухін В. В.  
Державний біотехнологічний університет

Для забезпечення перебігу технологічних процесів, певного виду, застосовують ряд різних апаратів, механізмів та поточкових ліній. Однією з таких машин є конвеєр. Для приведення його в рух, використовують електроприводи, що з плином часу оновлюються. Відповідно до цього, дана доповідь присвячена аналізу існуючих, сучасних їх типів.

Приведення в рух конвеєрів забезпечується асинхронними двигунами (АД) з к.з. ротором та підвищеним пусковим моментом, одношвидкісними або багатошвидкісними (з переключенням числа пар полюсів). Для регулювання швидкості однорухового приводу конвеєра застосовуються додаткові варіатори, механічні або регульовані електричні і гідравлічні муфти.

АД із фазним ротором застосовують:

- на конвеєрах, що вимагають підвищеного пускового моменту;
- при багаторуховому приводі конвеєрів;
- при забезпеченні узгодженого руху конвеєрів.

Багаторуховий привід застосовується при великій протяжності конвеєрів. Є механізми, привод яких складається з однакових двигунів, що вимагають обертання з рівними швидкостями.

Існує кілька спеціальних схем, реалізованих за принципом «Електричного валу».

До складу схеми входять два головні двигуни (ГД1, ГД2), що приводять у рух, відповідно, «механізм 1» та «механізм 2». Вони мають однакові показники. На кожному валу «ГД1» та «ГД2» змонтовано допоміжні асинхронні двигуни «АД1» та «АД2», фазні ротори яких з'єднані електрично. Обмотки статорів ГД включені в мережу із прямим чергуванням фаз, а допоміжних – зі зворотним. При нерівності навантажень на механізми, розрізняються швидкості обертання роторів  $\omega_1$  та  $\omega_2$ , виникає ЕРС, під дією якої з'являються зрівняльні струми, що створюють моменти  $M_1$ ,  $M_2$ , які протидіятимуть причині, що викликала (закон Ленца) зміну швидкостей, поки  $\omega_1$  і  $\omega_2$  не вирівняються. Переваги: велика ефективність та жорстка механічна характеристика.

До складу наступної схеми входять два приводні АД з фазним ротором (АД1, АД2) і резистори (R). Схема працює аналогічно до вище приведеної. Недоліки схеми (порівняно з попередньою): менша ефективність та жорсткість характеристик. Переваги (порівняно з попередньою): схема простіша, дешевша і менше за габаритами.

До складу схеми входять два приводні двигуни з фазним ротором Д1, Д2 та перетворювач частоти (ПЧ). Статорні обмотки ПЧ, Д1 та Д2 підключені до мережі, а роторні електрично пов'язані. При обертанні ПЧ частота у роторах буде пропорційна ковзання, швидкість обертання всіх машин буде однаковою і рівною. Це справедливо за рівних навантажень на механізмах. При збільшенні навантаження одного механізму, ковзання його збільшиться, а швидкість знизиться. При новому ковзанні ЕРС ротора Д1 збільшиться, що призведе до збільшення струму ротора, а, отже, та її моменту. Система повернеться у вихідний стан і буде працювати узгоджено. Розглянуті схеми можна застосовувати для будь-якого числа узгоджено працюючих механізмів, принцип роботи схеми не змінюється [1].

Провівши даний аналіз, можна зробити висновок, що існує широкий набір схемних рішень електропривода конвеєрів, які володіють своїми особливостями.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та поточкових ліній: Підручник / Є. Л. Жулай, Б. В. Зайцев, Ю. М. Лаврінченко, О. С. Марченко, Д. Г. Войтюк; За ред. Є. Л. Жулая – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.



ЗАМКНЕНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ  
МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КРАНУ

Пашков Б. О., бакалавр, e-mail: [Bohdan.Pashkov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Bohdan.Pashkov@ieee.khpi.edu.ua)  
Солдатов Д. О., бакалавр, e-mail: [Dmytro.Soldatov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Dmytro.Soldatov@ieee.khpi.edu.ua)  
Науковий керівник доц. Обруч І. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Раніше для керування електроприводами механізмів кранів, які застосовувались, наприклад, на складах, у річних та морських портах, на залізничних станціях, частіш використовувалися розімкнені, релейно-контакторні системи керування з асинхронним двигуном з фазним ротором, або, навіть, з двигуном постійного струму з різним видами збудження. Такі електроприводи не тільки морально застаріли, але вже потребують заміни цих двигунів асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором з різних причин. Це обумовлено деякими перевагами такого електродвигуна перед двигунами інших типів. До таких переваг можуть бути віднесені наступні: простота конструкції, висока надійність роботи, більш високий пусковий момент, більш високий К.К.Д. та деякі ін.

Перелічені переваги асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором й обумовлюють області його застосування у промисловості та транспорті. Однак, слід зазначити, що його використання можливо тільки при побудові замкнених систем керування за алгоритмами модального або підпорядкованого керування. Цей факт обумовлено тим, що регулювання його швидкості можливо тільки за допомогою зміни амплітуди живлючої напруги та/або її частоти. Ці алгоритми можуть бути реалізовані у рамках систем ТРН-АД або ПЧ-АД [1, 2].

Якщо порівнювати системи керування асинхронним електродвигуном з модальним регулятором та системою підпорядкованого регулювання, на думку авторів статі, слід віддати перевагу останній. Це обумовлено, що при синтезі та використанні модального регулятора можуть виникати деякі проблеми або складності. Наприклад, при реалізації модального керування система потребує реалізацію зворотних зв'язків по усім координатам електроприводу, коефіцієнти модального регулятора можуть досягати дуже великих значень, може виникнути необхідність в побудові спостерігачу стана. Система підпорядкованого регулювання вільна від висче вказаних недоліків, вона більш проста як при її синтезі, так й при її налагодженні та експлуатації.

Остаточний вибір, яку з висче названих систем керування механізмів крану треба використовувати залежить від вимог до його роботи. Таких, як точності стабілізації швидкості переміщення вантажив, помилок позиціонування, вартості розробки електропривода, його експлуатаційних витрат. На думку авторів при розробці та модернізації електроприводів механізму переміщення кранів слід віддати перевагу системі ТРН-АД, яка за своїми характеристиками не поступається системі ПЧ-АД, але є не такою коштовною.

Таким чином, при проведенні модернізації старих електроприводів та адаптації їх до нових вимог, що постійно змінюються, недостатньо простої заміни на новий двигун, або електродвигун іншого типу. Необхідна побудова нових систем підпорядкованого регулювання за системою ТРН-АД або ПЧ-АД. За допомогою таких замкнених систем керування електроприводом йому можливо додавати нові властивості, які недоступні для розімкнених систем, підвищити якість керування, економити електроенергію тощо.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. W. Bolton. Mechatronics: Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering. – Pearson: Harlow, 2015.– 664 p.
2. Худяев О. А. Частотне керування асинхронним електроприводом: навч. посібник / О. А. Худяев, І. В. Обруч, Л. В. Асмолова; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків: Право, 2023. – 250 с.

МЕТОДИ СИНХРОНІЗАЦІЇ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА  
ІЗ СИСТЕМОЮ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯПовелиця О. В. бакалавр, e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)Науковий керівник к.т.н., доц. Чорна М. О.  
Державний біотехнологічний університет

У сучасному світі енергетичні системи засновані на електричних станціях, які працюють паралельно, з'єднаних лініями електропередач, що дає змогу підвищити надійність електропостачання споживачів. До того ж, при цьому встановлена потужність електростанцій зменшується за незмінної потужності навантаження, а економічність збільшується завдяки можливості вмикання (вимикання) окремих установок і цілих електростанцій під час коливання навантаження в системі.

Одним із найважливіших питань при експлуатації джерел електроенергії є їхнє правильне та ефективне підключення до електричної мережі. Належне виконання цієї операції дозволяє виробляти енергію в необхідному обсязі, у той час як при помилках при підключенні можливі серйозні пошкодження або повна поломка генератора.

Нині синхронні генератори використовують у таких установках, як:

- малі гідроелектростанції, віддалені від мережі;
- автономні промислові системи;
- дослідні центри;
- вітрові електростанції і таке інше.

При цьому переважна більшість синхронних генераторів, включаючи всі агрегати більшої потужності, взаємодіють один з одним (паралельна робота) в енергосистемі.

При паралельній роботі синхронних генераторів, напруга і частота мережі буде практично незмінна, у разі, якщо один із генераторів змінить режим роботи. Це відбувається завдяки іншим генераторам.

Процес підключення синхронних генераторів на паралельну роботу називається синхронізацією. Інакше кажучи, синхронізація – процес зрівнювання напруг і частот обертань генераторів, що підключаються і працюють, між собою а також подання сигналу на комутацію генератора.

Наразі в енергетиці є три методи синхронізації генераторів:

- самосинхронізація, суть якої полягає в під'єднанні генератора до шин електростанції тільки після того, як його обмотка збудження перебуватиме в замкненому стані; частоту обертання генератора підлаштовують під частоту, після чого генератор вмикають у мережу з подальшим збудженням;

- точна синхронізація, ґрунтується на вирівнюванні напруги і частоти генератора і самої мережі, у момент збігу фаз їхніх напруг відбувається включення генератора на шини електростанції.

- синхронізація через реактор, за якої генератор, так само, як і в методі точної синхронізації під'єднують до мережі, але вже через індуктивний опір під час зрівнювання напруги і частоти генератора і мережі [1].

Самосинхронізація, на відміну від інших методів, може забезпечувати швидке увімкнення синхронних генераторів і швидко ліквідувати передаварійну ситуацію, надає можливість у короткі строки в короткі терміни скористатися генератором. Самосинхронізація є небажаною за нормального навантаження, оскільки наслідки можуть призвести до значного зростання споживання реактивної потужності незбудженим генератором.

Головною перевагою під час під'єднання способом самосинхронізації є вища швидкість увімкнення генератора в мережу, ніж у методу точної синхронізації. Ця перевага допомагає у разі виникнення аварійної ситуації, коли потрібно терміново ввімкнути резервний генератор.

Недоліком цього способу є великі кидки струму і високі динамічні навантаження на генератор, тому його рекомендують використовувати тільки в спеціальних випадках.

Значним плюсом порівняно з методом автосинхронізації можна домогтися за точної синхронізації, тому що стрибки струму і моменту порівняно менші, що і сприяє довговічній роботі обладнання, і, відповідно, нижчій потребі в ремонті та обслуговуванні.

Складність у реалізації цього способу є затримка в часі між увімкненням вимикача та виконанням умов синхронізації.

Метод грубої синхронізації, відомий усім своєю простотою операцій, а також надійністю безаварійного увімкнення. Суть методу полягає в запуску генератора, і за подальшого наближення частот і напруг на шинах до навколосинхронних значень, генератор підключається на шини через індуктивний опір. Кінцева синхронізація генератора і мережі відбувається автоматично, завдяки зв'язку генератора і мережі через реактор.

Посилена цифровізація в галузі енергетики дала потужний поштовх розвитку нового методу синхронізації з використанням цифрового пристрою [2].

У цифрові пристрої точної синхронізації входить синхронізатор на мікропроцесорній базі, який має 4 основні блоки:

-Вимірвальний блок, який здійснює заміри миттєвих значень напруг;

-Блок цифрової обробки, що займається перетворенням аналогових сигналів у тимчасові послідовності чисел;

-Блок розрахунку значень контрольованих величин, який за допомогою комплексних алгоритмів розраховує значення амплітуди, фази і частоти вхідного виміру.

-Блок перевірки умов синхронізації, що здійснює контроль над спостережуваними величинами.

Пристрій, маючи в розпорядженні миттєві значення параметрів у відповідно до реалізованої ним логіки здатен видавати сигнал на включення синхронного генератора в момент найбільшого наближення напруги, фази і частоти генератора до значень цих же параметрів системи електропостачання.

Метод прискореної синхронізації з використанням цифрового пристрою має значні відмінності: виконання процесу включення машини в мережу швидше, ніж методом точної синхронізації; зрівняльні струми в момент увімкнення в рази менші, ніж у традиційному методі самосинхронізації. Тому використання цифрових пристроїв для реалізації синхронізації синхронного генератора з мережею є перспективним.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Матвійчук В. А., Рубаненко О. Є., Стаднійчук І. П. Електротехнології в АПК. Вінниця : Твори, 2020. 272 с.
2. Василенко Г. І., Шарамок І. І. Електробезпека. Київ: Урожай, 1984. 152 с.
3. Афонін В. В. та ін. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
4. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Загальний курс електроприводу. - Київ.: Колос. 2004. - 570 с.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ГЕНЕРАТОРА  
ВІТРОУСТАНОВКИПрокопенко В. С., e-mail: [veremeeffvlab@gmail.com](mailto:veremeeffvlab@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Гузенко В. В.

Державний біотехнологічний університет

У наш час проблема відсутності світла є дуже актуальною. На сьогодні більшість людей, що страждають через нестачу електричної енергії, намагаються розв'язувати це питання через придбання бензинових, або дизельних генераторів, що частково розв'язують цю проблему. Такі генератори мають ряд недоліків, перш за все це їхня ціна, та ціна палива до них, а також значна кількість шуму, що виникає під час їх роботи [1]. Через це було проведено дослідження по знаходженню, або виготовленню механізму для автономного генерування електричної енергії, а саме вітрогенератору.

Мета роботи полягає в дослідженні альтернативних способів для заряду акумуляторів, у випадках коли не має можливості під'єднатися до електричної мережі та оптимізація режиму роботи генератора вітроустановки.

Є декілька аспектів на які треба звертати увагу при виготовленні вітрогенератора: дешевизна, генерування електричного струму при малому вітрі, довговічність виробу, правильний вибір генератора [2, 3]. Виявилось, що лопасті вигідно виготовляти із каналізаційних труб обрізаних по спеціальній технології. Матеріал для хабу, хвоста, та кріплення – текстоліт.

Лопасті приєднані до хабу, що кріпиться напряму до двигуна постійного струму. На маленький вітряк рекомендовано використати невеликий шаговий двигун, який можна отримати, як із неробочого принтера, так і замовити в інтернеті, але струм в таких двигунах, як правило, не перевищуватиме 0,6 А. Якщо ж взяти більший інверторний двигун постійного струму, наприклад той що знаходиться в стиральній машині, який може працювати в режимі генератора, можна згенерувати 3 А при короткому замиканні.

Робоче з'єднання обмоток – зірка, але якщо ж з'єднати його трикутником — підніметься струм, але понизиться напруга приблизно в одну третину. Після генератора рекомендуємо ставити міст Ілларіонова, що широко застосовується в автомобілях. Також для згладжування пульсацій доцільно ставити конденсатор приблизно на 4000 мікрофарад.

Провівши оптимізацію експлуатаційних режимів генератора вітроустановки, можна отримати якісні переваги такі, як: автономність та є бюджетним рішенням для задоволення потреб в електроенергії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Ткачук В.І. Теорія та синтез вентильних двигунів постійного струму / Львівська політехніка, 2011. 288 с.
2. Теорія електропривода: Підручник/ За ред. М.Г.Поповича. – К.: Вища школа, 1993. – 494 с.
3. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г Поповича, О.Ю. Лозинського. – Київ: Либідь, 2005. – 680 с.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ  
УСТАНОВКИ СТОЯНКОВОГО БОКСУРашевський Р. С., бакалавр, e-mail: [raseroma3@gmail.com](mailto:raseroma3@gmail.com)Науковий керівник ст. викл. Сухін В. В.  
Державний біотехнологічний університет

Вентиляційні установки відіграють важливу роль для забезпечення потрібних параметрів мікроклімату тих, або інших виробничих приміщень. Для керування електроприводом необхідно побудувати систему, що забезпечить цю можливість. В даній доповіді, постає питання розробки автоматизованої системи керування електроприводом вентиляції стоянкового боксу.

Для створення даної системи керування були визначені статичні характеристики вентилятора при регулюванні швидкості по закону з IR-компенсацією.

При регулюванні швидкості за допомогою цього закону, необхідно підвищувати фазну напругу на двигуні на величину, визначену рівнянням  $U_1 = E_1 + I_1 \cdot R_1$ , тобто на величину падіння напруги на  $R_1$ . Використовуючи вхідну інформацію, зроблені наступні розрахунки:

$$\begin{aligned} f_{1n1} = 50 \text{ Гц}; \quad f_{11}^* = \frac{f_{1n1}}{f_{1n}} = \frac{50}{50} = 1; \\ f_{1n2} = 25 \text{ Гц}; \quad f_{11}^* = \frac{f_{1n2}}{f_{1n}} = \frac{25}{50} = 0,5; \\ f_{1n3} = 10 \text{ Гц}; \quad f_{11}^* = \frac{f_{1n3}}{f_{1n}} = \frac{10}{50} = 0,2; \\ f_{1n4} = 5 \text{ Гц}; \quad f_{11}^* = \frac{f_{1n4}}{f_{1n}} = \frac{5}{50} = 0,1 \end{aligned} \quad (1)$$

Для підтримки відношення  $\frac{U_1}{f_1^2} = const$ , необхідно змінювати напругу:

$$\begin{aligned} U_{1n1} = 0,088 \cdot f_{1n1}^2 \quad U_{1n2} = 220 \text{ В}; \\ U_{1n1} = 0,088 \cdot f_{1n2}^2 \quad U_{1n2} = 55 \text{ В}; \\ U_{1n1} = 0,088 \cdot f_{1n3}^2 \quad U_{1n2} = 8,8 \text{ В}; \\ U_{1n1} = 0,088 \cdot f_{1n4}^2 \quad U_{1n2} = 2,2 \text{ В} \end{aligned} \quad (2)$$

Визначена синхронна швидкість на природній характеристиці і регульовальних характеристиках, розраховані електромеханічні характеристики, відповідно до залежності струму ротора від ковзання. Також проведені обчислювання електромеханічних характеристик асинхронного двигуна при різних значення обмоток статора [1].

В кінцевому вигляді, на сонові розрахунків, була створена система керування, що дає можливість регулювати роботу вентиляційної установки боксу в автоматизованому режимі та забезпечувати потрібні параметри мікроклімату для комфортної роботи технічного персоналу і безпечного зберігання автомобільної техніки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Системы управления автоматизированным электроприводом переменного тока: учеб. пособие / А.М. Макаров, А.С. Сергеев, Е.Г. Крылов, Ю.П. Сердобинцев; ВолгГТУ. – Волгоград, 2016.– 192 с.



АНАЛІЗ ПУСКОВИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
РОБОЧИХ МАШИН З ФУНКЦІЄЮ SOFT START

Садовський І. В., магістр, e-mail: [Ihor21\\_sad@gmail.com](mailto:Ihor21_sad@gmail.com)

Денчик І. А., магістр, e-mail: [Denchik0861@gmail.com](mailto:Denchik0861@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. 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).

Режими роботи електропривода (ЕП) включають: розгін до заданої технологічної швидкості, роботу, пов'язану з виконанням технологічних операцій, уповільнення після закінчення технологічних операцій та зупинку.

Метою роботи є визначення робочих машин і механізмів, які застосовуються в АПК, де доцільно використовувати тиристорне керування з урахуванням вимог технологічного процесу.

Відомо, що автоматизація сільськогосподарських виробничих процесів зв'язана з електрифікацією сільськогосподарського виробництва. Проаналізувавши різновиди робочих машин в АПК, і їх графіки навантаження, доведено, що сучасний розвиток електропривода характеризується факторами, які визначають етапи його розвитку [1]. Тому, альтернативною задачею для більшості електроприводів сільськогосподарських машин є забезпечення плавності пуску.

Як показують дослідження на основі сучасної науково-технічної літератури [2], що альтернативним технічним рішенням є використання тиристорного регулятора напруги в замкнених або розімкнених системах керування пуском привода.

Склавши 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.

Запропонований розрахунок номінального моменту асинхронних двигунів дозволяє визначити потужність приводних двигунів нерегульованого електроприводу певної серії, для якої відомі коефіцієнти перевантажувальної здатності та кратності пускового моменту, критичне ковзання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попович М. Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод, Київ: Либідь, 2005, 678с.
2. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. – Київ: Либідь, 2005. – 680 с.

## УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ В ПТАШНИКУ

Семка Д. С., магістр, e-mail: [semkadima31@gmail.com](mailto:semkadima31@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Спостерігається незадовільний технічний стан та моральне старіння основного технологічного обладнання птахоферм – їх приміщення. Так, за останні 6-8 років в галузі майже не проводиться планової реконструкції будівель та обладнання, в основному проводиться тільки аварійний ремонт. На сьогодні птахівництво практично єдина підгалузь тваринництва, яка здатна нарощувати обсяги виробництва і збільшувати чисельність наявного поголів'я, що підтверджують статистичні дані щодо виробництва м'яса у 2020 р. Тобто, як видно із статистичних даних загальне виробництво м'яса (у забійній вазі) у 2020 р. становило 2,3 млн.т. що незначно перевищено рівень 2019 р. У структурі виробництва м'яса сільськогосподарськими підприємствами найбільшою залишається питома вага м'яса птиці всіх видів – 50,2 %[1].

Протягом багатьох тисячоліть живі організми пристосовувались до умов природного середовища, одним із основних факторів якого є температурний режим навколишнього середовища, особливо в закритих приміщеннях при високій концентрації поголів'я. Багатьма дослідженнями доведено що, температурні параметри середовища в приміщенні є важливим фактором для нормального функціонування організму птиці, а будь яке відхилення від рекомендованих параметрів викликають глибокі фізіологічні зміни в організмі тв. має суттєвий вплив на ендокринні та генеративні органи птиці [2].

На основі аналізу сучасних досліджень пропонується запровадити більш адаптований до потреб птиці динамічний графік роботи вентиляційної системи в пташнику з урахуванням технічних операцій, які виконуються в приміщенні пташника [3]. Так, для утворення комфортних умов утримання птиці в пташнику доцільно в періоди годування, коли птиця знаходиться в активному русі активізувати роботу вентиляційної системи, а в інші періоди інтенсивність її роботи зменшити (рис.1), що очікується буде сприяти утворенню комфортних умов для відпочинку птиці та у подальшому до більш інтенсивного набору живої ваги.

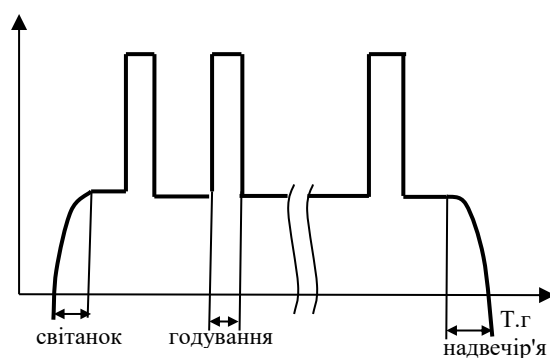


Рисунок 1 - Графік роботи динамічної вентиляційної установки в пташнику

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Стратегія розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні на період до 2025 року / Під ред. академіків НААН України Я. М. Гадзала, М. І. Башенка, В. М. Жука, Ю. О. Лупенка Київ: Аграр. Наука, 2016. 216 с.
2. Лукьянова В. Д., др. Промышленное птицеводство / В. Д. Лукьянова, В. А. Лукьянов, А. В. Шомин и др. // Под ред. В. Д. Лукьяновой. Киев: Урожай, 1980. 256 с.
3. Кістен Г.Е. Автоматизація виробничих процесів у птахівництві. Київ: Урожай, 1971. 72 с.

УДК: 697.923.2:621.3.053.8.

## АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОВІТРЯ У ВИРОБНИЧИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Сербиненко В. А., бакалавр, e-mail: [serbineko@gmail.com](mailto:serbineko@gmail.com)

Туменко Б. Ю., бакалавр, e-mail: [tumenko@gmail.com](mailto:tumenko@gmail.com)

Науковий керівник доц. Міленін Д. М.  
Державний біотехнологічний університет

Багато виробничих процесів супроводжуються виділенням у повітря шкідливих газів, парів, тепла, пилу і вологи, що може негативно впливати на здоров'я людини та приводити до зниження працездатності. Для забезпечення нормальних параметрів повітря в приміщеннях, що відповідають санітарно-гігієнічним і технологічним вимогам, необхідно використовувати системи вентиляції. Автоматизація цих систем стає дуже важливим напрямком, оскільки вона дозволяє забезпечити раціональне управління процесами обробки повітря та економію енергоресурсів. Такі системи, як "супервизорне управління" і "SCADA-системи", надають великі можливості для проектування та експлуатації автоматизованих систем вентиляції з можливістю інтеграції в загальну мережу підприємства або Інтернет, що забезпечує доступ до управління з будь-якої точки світу.

Для кращого розуміння роботи системи припливно-витяжної вентиляції була розроблена блок-схема, що включає усе обладнання та рівні сигналів для взаємодії. Контролер є ключовим елементом цієї системи, відповідаючи за збір, обробку та вироблення команд управління. Регулювання швидкостей вентиляторів здійснюється за допомогою перетворювачів частоти, що забезпечує економію енергії та точне регулювання.

У системах вентиляції постійно виникає потреба у регулюванні продуктивності, особливо враховуючи кліматичні умови та виділення шкідливих газів. Регулювання продуктивності може бути досягнуто шляхом дроселювання при постійній частоті обертання валу вентилятора або за допомогою частотно-регульованого електроприводу, що забезпечує значну економію електроенергії. Наприклад, зниження швидкості обертання валу вентилятора вдвічі може призвести до зменшення споживаної потужності вісьмикратно. Частотно-регульований привід, зокрема на базі перетворювача частоти, може бути також інтегрованим з різними датчиками, такими як датчик зворотного зв'язку на кількість людей у приміщенні або датчик концентрації вуглекислого газу.

Досліджені основні типові схеми систем припливно-витяжної вентиляції та їх функціональні можливості, а також застосування систем частотного керування електроприводом вентиляторів. Обладнання для обробки повітря та проведено монтаж вентиляційної системи. Також було вивчено різні закони керування електроприводом вентиляторів, побудовані механічні характеристики двигунів та обрано оптимальний закон управління, що було подальшим об'єктом моделювання системи в динамічних режимах. Не менш важливою була розробка заходів безпеки для експлуатації системи, включаючи розгляд небезпечних факторів та проведення розрахунків захисного занулення системи.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барало О.В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов – Київ: Аграрна освіта, 2010 – 557 с.
2. Щекин Р. В. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. – Киев.: Будівельник, 1976, 351 с.

## АНАЛІЗ ПРИЧИН ВИХОДУ З ЛАДУ ЗЕРНОВИХ НОРІЙ

Сердюк А. А., магістр, e-mail: [ser\\_duk@ukr.net](mailto:ser_duk@ukr.net)

Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Норії широко застосовуються на переробних підприємствах: на одному елеваторі їх може бути близько 30 – 40 в залежності від потреб виробництва і його розташування на території переробного комбінату. Норії можуть бути як міжповерхові, так і ті, що переміщують зерно на висоту до 50 і більше метрів. Це обумовлює різноманітністю компонування їх обладнання. До цього слід додати, що норії є основними механізмами для переміщення продукту в процесі його технологічної переробки, що висуває певні вимоги до безперебійності їх роботи.

Узагальнюючи проведені дослідження, всі поломки і аварії на норіях можна класифікувати в такий спосіб: явні недовантаження і перевантаження двигуна; обрив стрічки; потрапляння сторонніх предметів; перевантаження черевика; зниження рівня мастила; перекіс барабана; неправильне включення з вини персоналу[1].

Слід зазначити, що норія має ряд конструктивних особливостей в порівнянні з іншими конвеєрами. Зокрема, тільки на норіях застосовується стрічка, яка має кінцеву жорсткість, та тенденцію до розтягування і розриву. Крім того, саме вертикальне розташування конвеєра надає особливість механічної частини, так як в числі інших слід ще враховувати і той факт, що вся механічна система перебуває в підвішеному стані, що накладає свій відбиток на специфіку її роботи.

Не розглядаючи несправності і аварії, пов'язані з конструктивними особливостями, відзначимо лише ті з них, які впливають на електропривод.

Аварійна зупинка може статися внаслідок ряду причин: відключення живлення, неправильна робота персоналу, завал черевика норії зерном і інші. При цьому після зупинки стрічка норії залишається завантаженою. Щоб не відбулося зворотне прокручування навантаженої стрічки, застосовується стопорний механізм. При повторному включенні двигуна, його пускового моменту мало для приведення в рух навантаженої стрічки. Внаслідок цього, вона може прокрутитися під своєю вагою назад. В цьому випадку приводний асинхронний двигун переходить в режим електромагнітного гальма, і в ньому виникає температурне перевантаження, що найчастіше призводить до пошкодження двигуна.

Ще однією причиною аварій є неправильне дозування продукту, подача якого здійснюється за допомогою механічної ручної засувки, встановленої на входному патрубку черевика норії. Внаслідок цього конвеєр або перевантажений, або працює з явним недовантаженням при тому ж споживанні потужності, але з великими втратами, більшими ніж номінальні. Крім того, недостатньо інтенсивна подача зерна в черевик норії є причиною зменшення продуктивності. Слід зазначити, що двигуни, що застосовуються на норіях, мають запас потужності, пов'язаний з тим, що розрахункова потужність нижче паспортної (іноді до 30 %), що пояснюється дискретним рядом стандартних потужностей серійних АД[2].

Якщо до цього додати перераховані вище нераціональні режими роботи, то виникає питання про необхідність застосування регулювання електроприводу норії з метою зменшення енергоспоживання.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.
2. Артимович П. В. Автоматизация производственных процессов на хлебоприемных и зерноперерабатывающих предприятиях. / П. В. Артимович - М.: «Колос», 1983. – 232 с.

## МОДЕЛЮВАННЯ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Сідаш І. М. бакалавр, e-mail: [tte\\_nniect@ukr.net](mailto:tte_nniect@ukr.net)

Науковий керівник – к.т.н. доцент Чорна М. О.

Державний біотехнологічний університет

Для дослідження та розроблення діагностичних систем в електроприводах змінного струму з асинхронним двигуном необхідна імітаційна модель, що дає змогу отримувати адекватні результати в аварійних режимах роботи. Зробити універсальну математичну модель асинхронного двигуна складно і проблематично, тому що вона буде громіздкою і вимагатиме значних обчислювальних потужностей [1-2]. В даній статті запропоновано використовувати модель двигуна в багатофазній системі координат для дослідження певних аварійних режимів.

Класична модель асинхронного двигуна в нерухомій системі координат має низку припущень і обмежень, які не дозволяють її використовувати при несиметрії в ланцюзі статора і ротора [1-2].

На рисунку 1 представлена імітаційна модель асинхронного двигуна в програмному середовищі Matlab Simulink, реалізована в багатовимірній системі координат [1]. До однієї з головних переваг цієї моделі належить універсальність, яка дає можливість гнучко задавати розмірність системи координат і моделювати процеси в двигуні з будь-якою кількістю фаз. Цю імітаційну модель можна використовувати для дослідження обриву стрижнів ротора, несиметрії кола статора і моделювання перекосу фаз в асинхронних багатофазних двигунах.

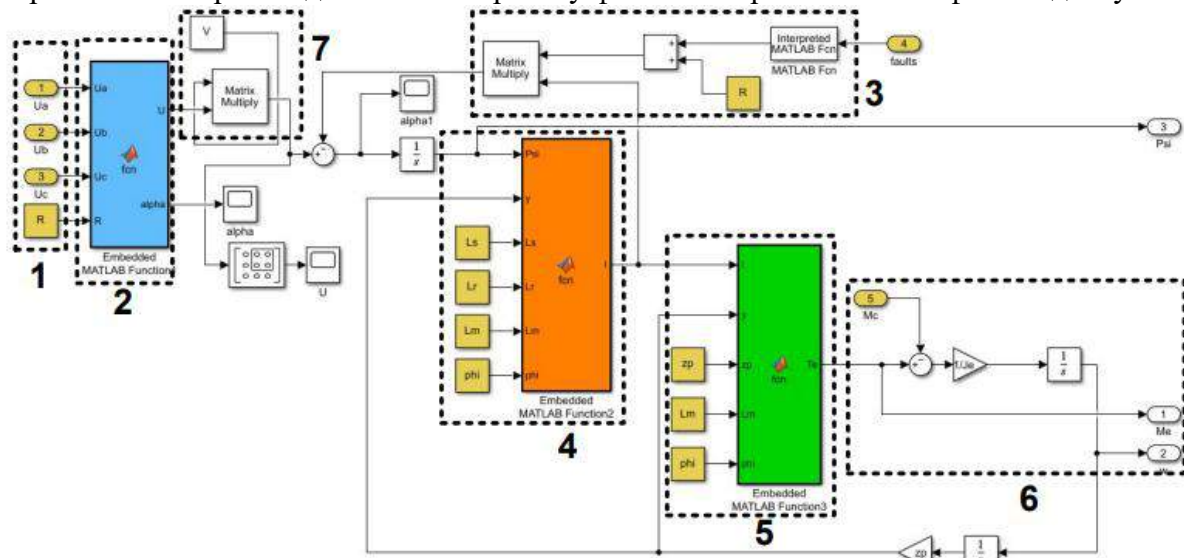


Рисунок 1 - Багатофазна модель асинхронного двигуна в програмній Matlab Simulink

Для дослідження аварійних режимів було обрано асинхронний двигун АДМ100S4У3. Розглянемо принцип роботи імітаційної моделі (рисунок 1). В блоці 1 формуються трифазні напруги, зсунуті на 120 градусів, які подаються на блок 2, де здійснюється перехід напруг від трифазної системи координат до багатовимірної. Розмірність системи координат визначається кількістю фаз статора і ротора. На основі вхідних впливів у блоці 4 проводиться розрахунок струмів статора і ротора, які далі подаються на блок 5, де відбувається обчислення моменту двигуна. Розрахунок кутової швидкості і завдання моменту навантаження проводиться в блоці 6, де вхідним впливом є момент двигуна, отриманий за допомогою блоку 5. Блоки 2, 4, 5 реалізовано програмним способом, алгоритми яких показано в таблицях 1 і 2. Завдання пошкоджень у ланцюзі ротора здійснюється за допомогою блока 3, який дає змогу сформувати місце і кількість пошкоджених стрижнів. Ініціалізація параметрів для розрахунку моделі відбувається за допомогою Script (таблиця 2). Моделювання несиметрії з боку джерела



живлення здійснюється за допомогою блоку 8 і параметра  $V$  у програмному скрипті Script (таблиця 2).

Таблиця 1

Програмний код блоків 2 і 4

Embedded MATLAB Function1 (Блок 2)	Embedded MATLAB Function2 (Блок 4)
<pre>function U=fcn(Ua,Ub,Uc,R) n=round(length(R)/2); U=zeros(2*n,1); phi=2*pi/n; Uabs=sqrt(Ua^2+(Ub-Uc)^2/3); alpha=atan2(Ua,(Ub-Uc)/sqrt(3)); for i=1:n     U(i,1)=Uabs*cos(alpha+(i-1)*phi); end</pre>	<pre>function I=fcn(Psi,y,Ls,Lr,Lm,phi) n=round(length(Psi)/2); Cosr=zeros(n,n); for i=1:n     for j=1:n         Cosr(i,j)=cos(y-(j-1)*phi-(i-1)*phi);     end end Lrs=Lm*Cosr; Lsr=Lm*Cosr'; L=[Ls Lsr; Lrs Lr]; I=L\Psi;</pre>

Таблиця 2

Програмний код блоку 2 і Script для завдання параметрів моделі

Embedded MATLAB Function3 (Блок 5)	Script
<pre>function Te=fcn(I,y,zp,Lm,phi) nn=length(I); n=round(nn/2); Is=I(1:n,1)'; Ir=I((n+1):nn,1); m=zeros(n,n); for i=1:n     for j=1:n         m(i,j)=sin(y-(j-1)*phi-(i-1)*phi);     end end mm=Lm*m; Te=-zp*Is*mm*Ir*3/n;</pre>	<pre>zp=2; n=3; R1=1.851; R2=2.236; Lm=0.2138*2/n; L1=0.011+Lm; L2=0.014+Lm; Je=0.01; Mn = 20.3;  R=diag([ones(1,n)*R1 ones(1,n)*R2]); phi=2*pi/n; Corr=zeros(n,n); for i=0:(n-1)     for j=0:(n-1)         Corr(i+1,j+1)=cos((j-i)*phi);     end     Corr(i+1,i+1)=0; end Ls=Lm*Corr+diag(ones(1,n)*L1); Lr=Lm*Corr+diag(ones(1,n)*L2);  V=diag(ones(n*2,1)); V(1,1)=0.8;</pre>

Запропонована імітаційна модель є універсальним інструментом для дослідження несиметрії в роторному і статорному колі, а також дає змогу також дає змогу отримувати адекватні результати під час моделювання перекосу та провалів напруг у багатофазних двигунах.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Афонін В.В. та ін. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
2. Чиликин М.Г., Сандлер А.С. Загальний курс електроприводу. - Київ.: Колос. 2004. - 570 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ КОНВЕКТИВНОЇ ВАКУУМНОЇ ШАФИ  
ДЛЯ СУШКИ ОВОЧІВСитник А. В., магістр, e-mail: [golubcovaanna70@gmail.com](mailto:golubcovaanna70@gmail.com)Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Одним з основних способів переробки овочевої продукції повинна стати сучасне сушіння, що відповідає трьом основним вимогам: висока якість продукції, низьке енергоспоживання виробництва й доступна вартість готової продукції.

Зниження енергетичних витрат проходить за двома напрямками: при скороченні часу сушіння відбувається зниження втрат тепла, що витрачається на видалення необхідної кількості вологи; ведення процесу на першій стадії сушіння відбувається за рахунок часткової рециркуляції теплоносія. Вакуум-імпульсна шафа являє собою корпус, з розташованими всередині сітчастими піддонами, на яких шаром розподіляється овочева сировина, після конвективної сушарки зі зваженим шаром. Під лотками розташовані похилі листи, необхідні для забезпечення рівномірного обдування лотків з продуктом під час конвективної стадії. Оптимальний кут нахилу розподіляючих листів складає  $20^\circ$ , при якому нагрітий теплоносій, при проходженні через ємність з ТЕНом, зустрічаючись з перешкодою, змінює свій напрямок і проходить через лоток з сировиною. Теплоносій надходить через штуцери в камеру розподілу потоку, шляхом створення перепаду тиску двоступінчастим вакуумним насосом. Повітря, стикаючись з ТЕНом нагрівається до необхідної температури, потрапляє в розподіляючі камери зі щілинами на виході для вирівнювання розподілу потоку. Нагріте повітря, проходячи через щілини, вдаряється об розподіляючий лист і змінює свій напрямок на  $60^\circ$  у напрямку до сітчастого піддону, і, проходячи через продукт, видаляється насосом. В даному випадку рівномірність обдування – запорука рівномірного вмісту вологи матеріалу. Після конвективної стадії відбувається закриття всіх пневмоклапанів за винятком клапана, пов'язаного з насосом, для створення необхідного вакуума. Коли вакуум досягає значення  $10 \text{ кПа}$ , насос відключається, відкривається клапан, для роботи насоса. При даній стадії відбувається часткове переміщення вологи до поверхні розділу двох фаз і утворення парогазової суміші, що веде за собою підвищення тиску в шафі, а значить припинення кипіння вологи. Також під час випаровування можливе осідання вологи на продукті, що не бажано. Щоб уникнути цього необхідно включити насос, який має меншу швидкість дії, менші витрати енергії, але здатний тримати заданий вакуум і відкачувати паро-газову фазу, що утворюється. Таким чином, процес кипіння вологи не припиняється. Після вакуумування йде стадія продувки, з метою видалення вологи, яка виступила на поверхні висушуваних овочів. Чергування стадій вакууму і продувки здійснюється до досягнення необхідної вологості, причому співвідношення часу вакууму і продувки змінюється протягом всього процесу вакуумної сушки.

На лотки надходить вже підсушена сировина з вологовмістом 40-50%. Досушування здійснюється протягом 1-1,5 години в залежності від кінцевої вологості (20-4%). За 8-и годинний робочий день здійснюється 4 завантаження вакуумної шафи. Розробка технології ґрунтується в першу чергу на отриманні кінцевого продукту вищої якості: з високими органолептичними властивостями, зі збереженням поживних речовин і вітамінів, з низькими адгезійними властивостями, з досить низькою вартістю.

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

## СХЕМА ЕЛЕКТРИЧНА ПРИНЦИПОВА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ МОТОРИЗОВАНИМ РЕСПІРАТОРОМ

Славінський Д. В. асистент, e-mail: [slavynskyi.d.v@nmu.one](mailto:slavynskyi.d.v@nmu.one)

Науковий керівник д.т.н., проф. Ткачов В. В.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

**Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій.** Серед сучасних засобів захисту органів дихання (ЗІЗОД) людини все більшої уваги набувають моторизовані повітрянагнітальні фільтрувальні пристрої (англ. Powered air purifying respirator, PAPR) або простіше моторизовані респіратори. Цей тип ЗІЗОД рекомендовано використовувати на виробництві, якому притаманне значне забруднення повітря пилом, хімічними речовинами, аерозолями. Подібні пристрої також є актуальними для застосування в медичних закладах на тлі пандемії COVID-19 [1].

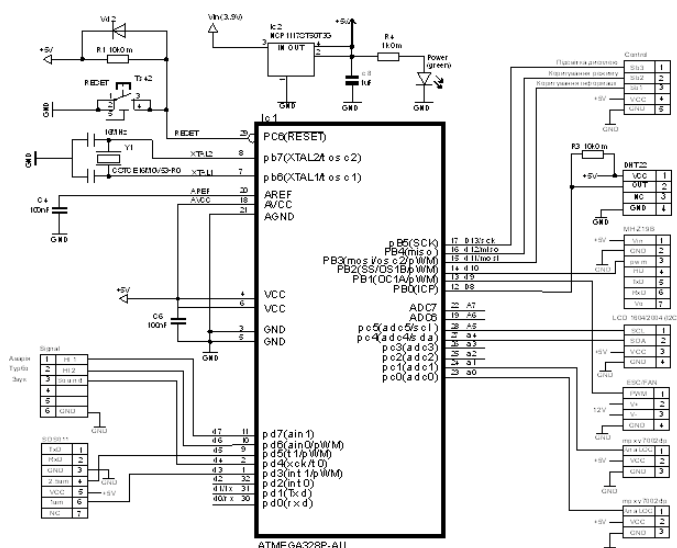
**Мета досліджень.** Синтез системи керування тиском повітря в підмасковому просторі моторизованого респіратора, що враховує можливість зміни режиму дихання працівника.

**Основні матеріали досліджень.** Основними завданнями системи керування моторизованим респіратором є підтримка надлишкового тиску в масці респіратора та компенсація змін тиску при вдиху та видиху користувача. Крім того, система керування також виконує низку функцій, пов'язаних з контролем параметрів повітря, що надходить до маски

респіратора та станом фільтрів і елементів живлення [2].

Схема електрична принципова системи керування моторизованим респіратором наведена на рисунку:

- мікроконтролер Atmel ATmega328;
- датчик температури та вологості DHT22 з цифровим сигналом, що надходить до мікроконтролера;
- датчик наявності пилу у повітропроводі Nova PM SDS011. Датчик має інтерфейс UART та виходи ШІМ (окремо для частот > 0,3мкм та > 2,5мкм);
- диференційні датчики тиску MPXV7002DP FRS ( $\pm 2$  кПа), що має



аналоговий вихідний сигнал  $U_{вих} = \pm 2,5V$ ;

– датчик концентрації вуглекислого газу Z19B2 (інфрачервоний). Датчик обладнано інтерфейсами UART і ШІМ, має температурну компенсацію та високу лінійність, мале енергоспоживання (<18 мА);

– керування продуктивністю вентилятора (частотою обертання крильчатки) виконується подачею відповідного сигналу ШІМ від контролера на плату регулятора обертів ESC, до якої підключений безколекторний електродвигун постійного струму BLDC.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Use of powered air-purifying respirator (PAPR) by healthcare workers for preventing highly infectious viral diseases a systematic review of evidence. / Licina, A., Silvers, A. Stuart, R.L. // Systematic Reviews. – 2020. – vol 9, 173. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2020.11.009>
2. Славінський, Д.В. Вдосконалення моделі динаміки тиску в масці моторизованого фільтрувального респіратора як об'єкта керування / Д.В. Славінський, В.В. Ткачов, О.О. Бойко, Ю.І.Чеберячко // Збірник наукових праць НГУ. – 2023. – №73. – С.144 – 153. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/73.144>

СТВОРЕННЯ ГАЗОВОГО СЕРЕДОВИЩА В ОВОЧЕСХОВИЩІ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ  
КАРТОПЛІСмоляной Н. В., бакалавр, e-mail: [smolyanoinv@gmail.com](mailto:smolyanoinv@gmail.com)Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

На основі наявного вітчизняного і закордонного досвіду зберігання плодів і овочів у регульованому газовому середовищі, слід зазначити, що в середовищах типу I, у яких сума концентрацій  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  дорівнює 21 %, при цьому кількість  $\text{O}_2$  коливається в межах від 5 до 12%, а  $\text{CO}_2$  – 9 – 16 %, досить часто виявляються хвороби холоду, а в середовищах типу III де субнормальна атмосфера з низьким вмістом  $\text{O}_2$  (2–3%), що майже не містить  $\text{CO}_2$ , інтенсивніше, ніж це потрібно при тривалому зберіганні, протікає дозрівання продукції. Тому на практиці більш широко застосовують субнормальні газові середовища типу II, де субнормальна атмосфера, що містить помірну кількість  $\text{CO}_2$ , але значно збіднена киснем, затримує дозрівання і як наслідок – обмежуючий розвиток фітопатогенних захворювань.

У період зберігання основним завданням є підтримання на необхідному рівні всіх параметрів середовища в сховищах. З цією метою щодня вранці і ввечері заміряються температура, відносна вологість повітря, склад і рухливість атмосфери, тиск. По кисню контроль складу середовища здійснюється в діапазоні від 0 до 21%, по вуглекислому газу – від 0 до 20% з точністю  $\pm 0,2\%$ . Коливання температури в камерах з не повинні перевищувати 0,5 °C. Суворе дотримання температурного режиму особливо важливо при використанні герметичних камер.

Всі способи зміни складу атмосфери, у залежності від принципу їхнього створення, можна розділити на дві групи:

- пасивні (або біологічні), при яких зміна складу газового середовища відбувається в результаті дихання самих об'єктів зберігання, укладених в герметичні ємності (включаючи камери сховищ). Отже, до цієї групи відносяться методи, засновані на внутрішній генерації газового середовища;

- активні, засновані на штучному створенні газових середовищ визначеного складу, створених за допомогою спеціального устаткування і вводяться потім у герметизовані камери овочесховищ або інші герметичні види тари з поміщеними в них об'єктами зберігання. Це способи, при яких використовується зовнішня генерація газового середовища.

Необхідно відзначити, що при збереженні таких «живих» об'єктів, як плоди й овочі, внутрішню генерацію газового середовища цілком виключити неможливо. Це варто враховувати при використанні активних методів створення модифікованих газових середовищ.

У випадку використання активних методів модифікації потрібний газовий склад може бути створений відразу або протягом найкоротшого терміну після герметизації ємності із продукцією. Але застосовувана для цієї мети апаратура й особливо обов'язкова герметизація камер вимагають значних витрат.

Переваги: велика тривалість зберігання; менша схильність до зараження грибок; контейнери забезпечують хорошу вентиляцію по всьому периметру контейнера. Недоліком є подорожчання будівництва сховища.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов – Київ: Аграрна освіта, 2010 – 557 с.
2. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

## МЕТОДИ ПОШУКУ ВІДМОВ В ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ

Соловійова А. О. бакалавр, e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Науковий керівник к.т.н., доц. Чорна М. О.

Державний біотехнологічний університет

На сьогоднішній день стан енергетики нашої країни змушує вживати заходів для того, щоб збільшити термін експлуатації електротехнічного обладнання. Тому контроль технічного стану та діагностика в електроустановках є важливим питанням, оскільки більша кількість електрообладнання зношується і вимагає продовження свого терміну служби. Також щороку зростає парк електрообладнання, яке працює довше свого паспортного нормативного терміну експлуатації.

Під час ремонту електрообладнання найскладнішою частиною процесу є пошук несправності, оскільки сучасне електричне обладнання є дуже складною системою. Також завдання ускладнює той факт, що дефекти можуть мати прихований характер, що не дає змоги діагностувати їх шляхом візуального огляду. Для виявлення подібних дефектів використовують низку діагностичних приладів і експериментів, які допомагають прийняти остаточне рішення про стан електрообладнання.

Розглядаючи несправності електроустановок, можна розбити їх на три основні категорії:

- 1) Несправності, які зумовлюються проектними недоліками;
- 2) Несправності, зумовлені недосконалістю конструкції, неякісним монтажем і налагодженням;
- 3) Несправності, що з'являються під час використання через вплив несприятливих умов зовнішнього середовища, морального старіння обладнання і неправильної експлуатації.

Відмови електроустановок можна класифікувати на такі групи:

1) Раптова відмова характеризується стрибкоподібною зміною стану конструктивних елементів. Поломка одного елемента веде до відмови наступного, і так до повної відмови всієї системи. Прикладом може слугувати відмова електродвигуна, у якого зламалася пружина роликів муфти вільного ходу через перевантаження приводу стартера, що призвело до відмови пуску двигуна;

2) Поступова відмова визначається поступовою прогресуючою зміною елемента системи. Прикладом може бути лампа розжарювання. Протягом терміну її служби вольфрамова нитка під дією високої температури випаровується, внаслідок чого відбувається її розрив і загасання лампи;

3) Незалежна відмова - це відмова, яка не залежить від ушкодження або поломки інших складових системи;

4) Залежна відмова - це відмова, яка залежить від пошкодження або поломки інших складових системи;

5) Повна відмова - це відмова, що призводить до повного виходу елемента системи з ладу, після якого неможливе його подальше використання;

6) Переміжна відмова - відмова, яка виникає багаторазово і при цьому має самоусувний і однаковий характер;

7) Конструктивна відмова обумовлюється помилками на стадії конструкції (створення) елемента;

8) Експлуатаційна відмова. Цей вид відмов характеризується порушеннями експлуатаційних норм або при виникненні непередбачених впливів зовнішнього середовища.

Вибір певного методу залежить від того, яка глибина пошуку несправності потрібна.

На даний момент застосовуються такі методи:

1) Зовнішній огляд. Один із найпростіших і найпоширеніших методів пошуку відмови електрообладнання. При увімкненому електрообладнанні з дотриманням правил охорони праці виявляються такі дефекти, як-от: поява іскор, диму, нагріву, тріску, стороннього шуму та інших. Мінус цього методу в тому, що не вдається виявити приховані дефекти;



2) Метод заміни. Якщо після заміни дефектного обладнання залишаються несправності, то робиться висновок про те, чи правильний елемент було замінено;

3) Метод внесеної несправності. Цей метод полягає в тому, що в заздалегідь справне обладнання вносять штучний дефект, вплив якого викликає певні зміни в роботі обладнання. Подальший аналіз і спостереження цих змін дає змогу зробити висновок про характер несправності та спробувати її локалізувати;

4) Метод половинного розбиття. Застосування цього методу доцільно в тому разі, якщо окремі блоки або вузли мають однакові характеристики. Для контролю першим вибирається параметр, який ділить схеми навпіл. За позитивного результату для наступного контролю береться елемент, який ділить несправну частину схеми навпіл і тощо, поки не буде визначено і виявлено дефектний елемент;

5) Метод контрольного сигналу. Суть цього методу полягає в тому, що в схему подається контрольний сигнал, після проходження якого на виході буде певна реакція системи. На основі цієї реакції робиться висновок про працездатність або несправність діагностованого елемента;

6) Метод проміжних вимірювань. При використанні даного методу з пошуку відмов передбачається осцилографування таких характеристик, як-от: напруга, струм, частота, опір та інших. Після зняття показань з осцилографа можна зробити закономірний висновок про місце дефекту, або ж про виявлення самого дефектного елемента;

7) Метод порівняння з несправним елементом. Цей метод є одним із найпростіших. Користуючись цією методикою, заздалегідь береться справний елемент системи і значення його характеристик, які порівнюються з дефектним (несправним) елементом. На основі порівняння робиться висновок про працездатність або про дефектність (несправність).

Вивчивши перераховані вище методи пошуку відмов, потрібно вибрати найбільш підходящу й оптимальну методику для того, щоб правильно створити ланцюг логічно послідовних дій, що сприяють звуженню кола пошуку несправності. Цими діями ми доб'ємося найбільш швидкої та ефективної локалізації відмови.

Щоб правильно вибрати методику, потрібно керуватися такими принципами:

1) На початку пошуку потрібно вибрати той метод, який дасть максимально повний і доступний обсяг інформації за найкоротший проміжок часу;

2) Обраний метод повинен усунути найбільшу кількість несправностей;

3) У досліджуваній системі не повинно бути позицій, які встановлені помилково. Інакше кажучи, ті елементи, що мають функціонувати, мають залишатися в робочому стані;

4) Пошук відмови має призводити до одного з кількох можливих результатів. Тим самим ми виключаємо помилкові та випадкові результати перевірки;

5) Якщо в досліджуваній системі вже присутня відмова, то, виходячи з із зовнішніх ознак, необхідно встановити природу цієї відмови, щоб вибрати правильну методику для аналізу новоутвореної відмови;

6) Якщо справжня причина відмови невідома, або відмова має на увазі прихований дефект, то необхідно вибрати найменш трудо- і часозатратну методику.

Також не будемо забувати і про те, що на довгострокову та успішну експлуатацію електроустановок впливає висококваліфікований електротехнологічний персонал, який обслуговує ці установки. Від правильності прийнятих ними рішень і дій, потрібних знань і досвіду роботи залежатиме подальша робота обладнання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Афонін В. В. та ін. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.
2. Матвійчук В. А., Рубаненко О. Є., Стаднійчук І. П. Електротехнології в АПК. Вінниця : Твори, 2020. 272 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООЩАДНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ  
ІЗ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМСуршко Є. В., e-mail: [artem.petiko@gmail.com](mailto:artem.petiko@gmail.com)

Науковий керівник доц. Сотнік О. В.

Державний біотехнологічний університет

У зв'язку з ростом цін на електроенергію та не прогнозованістю і нестабільністю можливостей генеруючих установок на даний час в Україні, проблема енергозбереження здобуває особливу актуальність і має велике практичне значення. Електроприводи (ЕП) споживають більше 60% вироблюваної електроенергії, то підвищення їх енергетичної ефективності є основним резервом енергозбереження. Асинхронний двигун (АД) з короткозамкненим ротором має наступні переваги: проста та дешева конструкція, висока експлуатаційна надійність тощо. Разом з тим, АД мають і ряд недоліків: значний пусковий струм; недостатній пусковий момент; неузгодженість механічного моменту з механічним навантаженням, що призводить до підвищення струму та надлишкових механічних перевантажень під час пуску; помітного зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) в періоди пониженого навантаження; витрати енергії, які обумовлюються тертям рухомих елементів, перемагнічуванням магнітопроводу в змінному магнітному полі, що в свою чергу, супроводжуються виділенням тепла, підсиленням шуму та вібрацій в процесі їх роботи тощо. Подібні фактори значно понижують ефективність роботи АД [1]. Оптимізація ефективності використання АД може забезпечити суттєву економію [1]. Основними енергетичними показниками, що відображають ефективність роботи АД є ККД та коефіцієнт потужності ( $\cos\varphi$ ). При номінальному навантаженні, що вказано в паспортних даних АД, зазвичай, ККД коливається у межах 70–92 % при  $\cos\varphi_{\text{н}}$  0,8 - 0,92, а енергетичний ККД, тобто добуток цих показників не перевищує 82 % [1]. Як наслідок, до 44 % споживаної енергії витрачається на розігрів обмоток, елементів основної конструкції та розсіювання у навколишнє середовище потоків, що створюються електромагнітною системою АД. Основними способами для підвищення ефективності використання АД є: обмеження часу використання неробочого ходу; використання режиму роботи АД із навантаженням, яке буде відповідати оптимальному, при цьому ККД буде мати найбільше значення (коли втрати в АД змінні (електричні) дорівнюють втратам постійним (магнітним)); перемиканням обмоток статора в момент пуску із трикутника на зірку тощо. Забезпечення ефективного режиму роботи АД надає використання регульованого ЕП. Для цього в ЕП використовують спеціальне обладнання, яке дозволяє забезпечити завантаження на рівні не менше 75% (оптимальним коефіцієнтом навантаження) від номіналу та підвищення  $\cos\varphi$  за рахунок регулювання напруги, а в разі можливості, і частоти струму живлення [1]. Реалізація таких заходів здійснюється використанням: частотних перетворювачів (ЧП), які дозволяють плавно змінювати швидкість обертання двигуна шляхом зміни частоти струму живлення; пристроїв плавного пуску (ППП), що обмежують швидкість зростання пускового струму та його максимальне значення. Використання ЧП для підвищення ефективності роботи АД буде при тому, коли перетворюється однофазна або трифазна напруга з частотою 50 Гц в напруга з частотою, зазвичай, від 1 Гц до 300 - 400 Гц, а в разі необхідності і до 3000 Гц. В свою чергу ППП обмежують швидкість збільшення пускового струму протягом певного проміжку часу. Традиційні ППП не вирішують задачу підвищення ККД. Існують різновиди ППП, які дозволяють підвищити енергоефективність двигунів шляхом узгодження крутного моменту з моментом навантаження за рахунок зміни напруги живлення і, як наслідок, зниження споживання електроенергії при мінімальних навантаженнях на 30-40%. При цьому швидкість обертання ротора АД залишається незмінною, а  $\cos\varphi$  підвищується.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Опольський Я. В. Сучасні підходи до підвищення ефективності роботи асинхронних двигунів / Я. В. Опольський, А. С. Васюра // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. - 2018. - № 1. - С. 81-88.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ  
У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ ЗЕРНАТесленко В. О., бакалавр, e-mail: [vladosteslenko@gmail.com](mailto:vladosteslenko@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н. доц. Міленін Д. М.

Державний біотехнологічний університет

На сучасному етапі розвитку більшість підприємств використовують регульовані електроприводи для стрічкових конвеєрів у технологічних процесах транспортування зерна. Однак існуючі системи, які базуються на релейно-контакторних схемах, виявляються застарілими через обмежену продуктивність, низьку швидкість роботи і нестабільність позиціонування. Внаслідок цього виникає необхідність в модернізації та вдосконаленні таких систем.

Під час модернізації електроприводів стрічкових конвеєрів доцільно переходити на використання асинхронних двигунів. Однак при цьому виникає проблема того, що при стандартному живленні асинхронний двигун працює із постійною швидкістю. Тому для досягнення оптимальної продуктивності і якості технологічних процесів необхідно розробити вдосконалені системи керування електроприводами стрічкових конвеєрів на основі асинхронних двигунів.

Мета даної роботи полягає у модернізації стрічкового конвеєра і оптимізації його роботи під час перевантаження та завалів зерна на транспортній стрічці елеваторного комплексу.

При проведенні аналізу досліджень були отримані наукові результати, які включають розрахунок та побудову механічних і швидкісних характеристик асинхронного двигуна при регулюванні частоти від 25 до 75 Гц, побудову електромеханічних характеристик двигуна при використанні тиристорного перетворювача в розімкнутій системі регулювання, а також аналіз динамічних показників системи керування електроприводом конвеєра за швидкістю, струмом і моментом [1, 2].

На основі отриманих результатів була запропонована доцільність використання схеми керованого електроприводу конвеєра, вимірювально-обчислювальна частина системи керування, структурна схема замкненої системи керування електроприводом та передатна функція до неї, а також модель системи керування тиристорного перетворювача підключеним асинхронним двигуном з підлеглим регулюванням [1, 2].

Технічні аспекти модернізації електроприводу стрічкового конвеєра для транспортування зернових культур включають в себе ряд ключових елементів, які необхідно врахувати для успішного впровадження нової системи.

Наприклад: вибір асинхронного двигуна - при модернізації електроприводу необхідно ретельно вибирати асинхронний двигун, який відповідатиме потребам конвеєра. Це включає в себе розрахунок потужності, напруги, частоти, обертового моменту і класу захисту. Використання частотного перетворювача – частотний перетворювач дозволяє регулювати швидкість обертання асинхронного двигуна, що є важливим для оптимізації роботи конвеєра. Під час модернізації необхідно враховувати вибір і налаштування частотного перетворювача.

Отже, з аналізу проведеної роботи виявилось корисним для оптимізації роботи стрічкового конвеєра у складі технологічного циклу транспортування зерна елеваторного комплексу, що сприятиме покращенню продуктивності та якості технологічних процесів.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи електроприводу: підручник / Лаврінченко Ю. М. Савченко П. І. Синявський О. Ю. Войтюк Д. Г. Савченко В. В. Голодний І. М.; Видавництво Ліра – К.: 2021, 532 с.
2. Шевченко В. О., Електричні машини, ..: навчальний посібник, Київ: "Каравела", 2020, 350 с.

ОСОБЛИВОСТІ ДІАГНОСТИКИ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ  
ЯК СПОСІБ СКОРОЧЕННЯ ТЕРМІНІВ ТА ТРУДОМІСТКОСТІ ТЕХНІЧНОГО  
ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ

Тесленко О. В., асистент, e-mail: [Olena.vl.teslenko@gmail.com](mailto:Olena.vl.teslenko@gmail.com)

Чепіжний А. В., к.т.н., доц.

Сумський національний аграрний університет

Асинхронні електродвигуни (АД) широко використовуються у всіх галузях виробництва. Найбільшого поширення вони набули в промисловому секторі. Промислові АД споживають 70% від загального споживання електроенергії [1]. Основними перевагами даних електричних двигунів є висока надійність, простота та доступна ціна. Зазначимо, що термін служби АД складає до 20 років без капітального ремонту, але у аграрному виробництві майже щорічно виходить з ладу 15-25% таких двигунів. При цьому, фактичний час безвідмовної роботи АД в аграрному виробництві становить лише 20-50% від встановленого заводом-виробником. Це обумовлено особливостями експлуатації в агропромисловому виробництві, включаючи низьку якість напруги в мережі та перевантаження робочих машин. Причинами скорочення терміну експлуатації є низька напруга мережі, перевантаження та порушення правил експлуатації. Така ситуація призводить до регулярної діагностики обладнання, що допомагає вчасно виявляти будь-які несправності. При тривалій експлуатації, в несприятливих умовах, у АД виникають пошкодження, які поділяють на механічні (дисбаланс ротора, пошкодження підшипників, обрив стрижнів ротора і т.п.) та електричні (міжвиткові замикання обмоток та міжфазні, несправності контактних з'єднань і т.п.). Лабораторні випробування АД можуть різнитись залежно від цілей дослідження, основними з яких є: вимірювання електричних характеристик, включаючи струм, напругу, потужність, частоту та коефіцієнт потужності; випробування на крутний момент, що генерується електродвигуном при різних швидкостях обертання та навантаженнях; ефективність тестів, включаючи вимірювання електричної та механічної потужності електродвигуна та розрахунок коефіцієнта ефективності; випробування теплових характеристик, включаючи вимірювання температури електродвигуна під час роботи при різних навантаженнях та швидкостях; тестування навантаження АД з різними механічними навантаженнями для оцінки працездатності та стійкості [2, 3].

Штучне навантаження АД поділяють на пряме та непряме. До прямого способу відноситься вимірювання електричних потужностей, метод гальмування та метод навантаження. До непрямого способу відноситься метод взаємного навантаження, метод динамометра (або тарованого двигуна) та метод розділення втрат потужності. Вибір методів штучного навантаження визначається рядом чинників, які потребують подальшого дослідження та аналізу. Спосіб діагностування АД є ефективним методом забезпечення високої надійності АД, що дозволяє запобігти чи скоротити технічне обслуговування і ремонт.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. A.A. Adly, A. Huzayyin, The impact of demagnetization on the feasibility of permanent magnet synchronous motors in industry applications, Journal of Advanced Research, Volume 17, 2019, Pages 103-108, ISSN 2090-1232, <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.02.002>
2. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. //Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 126-134.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Розрахункове визначення втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах за паспортними даними. //Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Технічні науки. Харків, 2017. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 80-82.

Розвиток електроніки та мікропроцесорної техніки позитивним чином впливає на опції різноманітних цифрових пристроїв. Виключенням не стали і перетворювачі частоти (ПЧ), які із часом стають більш функціональними. Безумовно, це відбулось не тільки за рахунок оновлення елементної бази пристроїв, а і через зміни в їх схемних рішеннях. Відповідного до цього, актуальним є завдання огляду функціональних схем сучасних ПЧ. В даній доповіді, розглянемо схему ПЧ CIMR Yaskawa A1000.

Перетворювач частоти реалізований за стандартною схемою випрямляч – інвертор з проміжною ланкою постійного струму. У силовій схемі використовується некерований випрямляч, а в гальмівних режимах вбудований гальмівний резистор. Передбачена можливість установки дроселя, що згладжує, у ланці не постійного струму.

Функції керування виконує цифровий сигнальний процесор. Апаратні можливості та програмне забезпечення дозволяють використовувати один процесор для управління ключами інвертора та організації управління електроприводом. ПЧ має стандартний набір захисних функцій, що дозволяють зберегти працездатність електроприводу в аварійних ситуаціях. У ПЧ реалізована найпоширеніша для керування асинхронним двигуном схема з автономним інвертором напруги і широтно-імпульсною модуляцією напруги на виході, не керованим випрямлячем на вході силовій частини схеми та мікропроцесорним управлінням.

Функціональна схема перетворювача частоти складається з двох основних блоків: некерованого випрямляча  $UZ$  і керованого інвертора. Напруга мережі  $U_1$  стандартної частоти  $f_1$  подається на вхід некерованого випрямляча, що перетворює змінну напругу  $U_1$  в постійну  $E_0$ . Випрямлена напруга  $E_0$  подається на вхід інвертора, який перетворює її в трифазну регульовану напругу  $U_{1рег}$  регульованої частоти  $f_{1рег}$ , що надходить на двигун  $M$ . Інвертор складається з шести транзисторів, які працюють у ключовому режимі з умовою, якщо верхній транзистор відкритий, то нижній закритий, і одного гальмівного транзистора. Для виключення струмів ЕРС самоіндукції в моменти комутації та усунення зворотної напруги, паралельно IGBT транзисторам включаються швидкодіючі діоди FWD.

Силовими ключами керує мікроконтролер AD на базі сигнального процесора TMS320F2812. Тут використовується широтно-імпульсне регулювання, коли вихідна напруга формується у вигляді імпульсів змінної за період тривалості, що модулюються за заданим законом, дозволяє знизити вміст найвищих гармонік. При нормальній роботі інвертора відбувається почергове включення і вимкнення транзисторів VT1-VT6, а транзистор VT7 постійно закритий. Якщо ж робимо динамічне гальмування, всі ключі закриваємо, а на VT7 подаємо керуючу напругу, що його відкриває та через нього на двигун надходить постійна напруга. Для нормальної роботи інвертора необхідно постійно відстежувати струм ланки постійного струму, з цією метою ставиться датчик струму RS, сигнал від якого надходить на захист FA. У разі аварії нижні транзистори відкриваються, і струм протікатиме по найкоротшому шляху [1].

На основі проведеного огляду, робимо висновок про значну складність організації функціональної схеми ПЧ CIMR Yaskawa A1000 та її вагомості.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Привод переменного тока A1000 компании YASKAWA: высокопроизводительный привод с векторным управлением: кратк. рук-во пользователя. 2012. 58с. URL: [https://www.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Downloads/Technical\\_Documentation/Inverter\\_Drives/A1000/A1000\\_Standard/A1000\\_QSG\\_RU\\_TORP\\_C710616\\_27D\\_3\\_0.pdf](https://www.yaskawa.eu.com/Global%20Assets/Downloads/Technical_Documentation/Inverter_Drives/A1000/A1000_Standard/A1000_QSG_RU_TORP_C710616_27D_3_0.pdf) (дата звернення: 28.03.24).



АНАЛІЗ ПРИЧИН ПОСИЛЕННЯ ПОРУШЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК  
СТАТОРІВ ТУРБОГЕНЕРАТОРІВ З ПОВІТРЯНИМ ОХОЛОДЖЕННЯМУсс Д. С., студент, e-mail: [ussdanylo@gmail.com](mailto:ussdanylo@gmail.com)Науковий керівник проф. Шевченко В. В.  
Національний технічний університет «ХПІ»

У світовій практиці йде перехід на повітряне охолодження в ТГ дедалі більшої потужності (до 200 МВт і більше). Однак в обмотках статора деяких ТГ з повітряним охолодженням з'явилися проблеми, які не були відзначені в ТГ з водневим охолодженням: посилюється руйнування ізоляції стрижнів обмоток статора через підвищену вібрацію та посилення часткових розрядів (ЧР) у лобових частинах обмотки. Така проблема була встановлена в статорах, як зі звичайною ізоляцією, так і з вакуумним терморективним просоченням. Цю проблему не можна виключити повністю, але коли вона зрозуміла та виявлена на ранній стадії, її можна сповільнити. У ТГ з повітряним охолодженням не потрібне обладнання для подачі водню, але посилюються ЧР в обмотці статора, так як напруга пробою у повітрі набагато нижче, ніж у водню, що знаходиться під високим тиском, а між лобовими частинами різних фаз обмоток спостерігається найбільший потенціал. Проблеми збільшення ЧР у лобових частинах обмоток статора призвели до появи відмов вже через п'ять років після початку експлуатації.

У ТГ використовують багатоскладові клини, хвилясті прокладки та ущільнювальні матеріали для зменшення вібрації стрижнів у пазах під дією змінного магнітного поля з частотою 100 Гц. Це дорого і вимагає суттєвих витрат на установку. Одним із рішень був перехід до статорів із вакуумним просоченням ізоляції: статор просочується епоксидною смолою у спеціальній ємності, що суттєво знижує вартість та час виробництва порівняно із звичайними перевітками надійності закріплення витків в пазах. Основна причина вібрації стрижнів в пазах статора полягає в тому, що стрижні не закріплені досить міцно в пазах, і при повному навантаженні змінне поле з частотою 100 Гц «розхитуватиме» стрижні, обмотка рухається в пазах через неякісне виготовлення або ослаблення кріплення в процесі експлуатації. Поступово корпусна ізоляція стирається об сталь стінок пазів: стирається напівпровідникове покриття, а потім і корпусна ізоляція. Це супроводжується розрядами в пазах, тому що після стирання напівпровідникового шару проявляються ЧР між поверхнею стрижня і корпусом, прискорюючи подальше руйнування.



У статорах з вакуумним просоченням обмотки стрижні трохи збільшені, щоб вони щільно тримались в пазах. Використовується проста система клинів, яка здебільшого служить для утримання стрижнів у пазах до просочення. Однак, коли агрегат вводиться в експлуатацію та піддається циклічним температурним, механічним та електричним навантаженням, стрижні починають рухатися в пазах. Матеріали в пазу: сталь, мідь та ізоляція, – мають різні температурні коефіцієнти розширення, що веде до руйнування наповнювача в місцях зіткнення стрижня і корпусу; з'являється порожнечі між стрижнями і корпусом, і, як наслідок цього, посилюються ЧР, які прискорюють руйнування, збільшуючи розмір порожнечі. Для заповнення цієї порожнечі використовують додаткову ізоляцію. На рис.1 показана додаткова ізоляція в лобовій частині обмотки статора, що недостатня для заповнення порожнин.

Для зменшення інтенсивності ЧР можна запропонувати заново спроектувати лобову частину обмотки, використовуючи інший спосіб з'єднання; для заповнення порожнин вводити силікон у пошкоджені області, встановити екран між фазними виводами із заповненням всіх порожнин епоксидною смолою.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Shevchenko V. V., Minko A. N., Dimov M. Improvement of Turbogenerators as a Technical Basis for Ensuring the Energy Independence of Ukraine // Kharkiv: NTU "KhPI". – Electrical Engineering & Electromechanics. – 2021, no. 4. – Pp. 19-30. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/59962>

ПІВВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЇ  
ПАНЕЛІ ЗАВДЯКИ ЇХ ПРОСТОРОВОЇ ОРІЄНТАЦІЇ

Устименко А. О. магістр e-mail: [ustumenko34@gmail.com](mailto:ustumenko34@gmail.com)

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

Державний біотехнологічний університет

Останнім часом спостерігається прискорений розвиток напрямку прямого перетворення сонячної енергії в електричну за допомогою фотоперетворювачів, так щорічний приріст виробництва електроенергії фотоелектричними станціями (ФЕС) у Європі складає вже понад 25 %. Сьогодні ККД окремих модулів фотопанелей на основі монокристалів кремнію в масовому виробництві складає 12-14 %, а питома вартість зменшилась з 70 дол./Вт в 1970 р. до майже 1 дол./Вт у 2010 р.

На сучасному етапі розвитку сонячної енергетики на перше місце виходять проблеми ефективного використання енергії сонячної радіації за рахунок застосування передових технологій. Густина сонячного потоку в космосі приблизно дорівнює  $1,35 \text{ кВт/м}^2$  [1].

Максимальна інтенсивність сонячного випромінювання на поверхні Землі дорівнює  $1 \text{ кВт/м}^2$ , однак тривалість його становить всього 1-2 год. в літні дні. Середня інтенсивність сонячного випромінювання в більшості районів земної кулі становить  $200\text{-}250 \text{ Вт/м}^2$ , а у комічному просторі поблизу земної кулі дорівнює  $1,35 \text{ кВт/м}^2$ .

На сучасному етапі розвитку сонячної енергетики на перше місце виходять проблеми ефективного використання енергії сонячної радіації за рахунок застосування передових технологій та технічних рішень. Так, максимальна генерація електроенергії у фотоприймачах спостерігається у випадку, коли сонячний промінь потрапляє на кристал кремнію під кутом близьким до  $90^\circ$ . Однак, в реальності кут нахилу фотопанелі вибирають таким чином, щоб протягом світлого дня цей кут був максимально наближеним до  $90^\circ$ . Де технічно-досяжний потенціал електроенергії і-го м'ясяця дорівнює:

$$W_{\text{ФЕС}} = E_i \cdot K_i \cdot S \cdot \eta_{\text{фес}} \cdot (\varphi - \delta)$$

де  $E_i$  - прихід сонячної радіації на одиницю горизонтальної поверхні в і-му місяці,  $\text{Вт/м}^2$ ;

$K_i$  - доля площі доцільна для установки фотоприймачів ;

$S$  - площа, доцільна для використання сонячної енергії;

$\eta_{\text{фес}}$  – коефіцієнт корисної дії фотоприймача;

$(\varphi - \delta)$  - кут нахилу фотопанелі до землі.

Розрахунки показують, що завдяки просторовій орієнтації фотопанелі можливо отримати значення КПД процесу перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Тому що, доцільно врахувати основний закон в оптики – кут падіння променя на горизонтальну поверхню дорівнює куту відбиття, тобто, для максимального поглинання кут падіння променя повинен бути максимально наближеним до  $90^\circ$  [2].

Технічна реалізація пропозиції щодо підвищення роботи фотопанелі можлива у випадку коли застосувати регульований електропривод до механізму кріплення окремих секцій у сукупності з встановленням оптичного датчика, який відстежує напрямок на Сонце. Крім того, для автоматизації процесу використовують мікроконтролер, який пов'язує елементів схеми з природними умовами розміщення Сонця по відношенню до лінії горизонту протягом року.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Корчемний М. та ін. Энергозбереження в агропромисловому комплексі. / М. Корчемний, В. Федорейко, В. Щербань. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984 с.
2. Безручко К. В. та ін. Наземная фотоэлектрическая энергетика и пути ее дальнейшего развития в Украине. / К. Безручко, С. Губин, Б. Коробко // Нетрадиционные источники, передающие системы и преобразователи энергии. Харьков: 1997. С. 11-16.

АНАЛІЗ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗМІШУВАЧІВ  
КОРМІВУстименко О. А., магістр, e-mail: [ustimenko-@ukr.net](mailto:ustimenko-@ukr.net)

Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.

Державний біотехнологічний університет

Проблема підвищення експлуатаційної надійності електрообладнання в сільського господарства набула величезного значення. Навіть при застосуванні нового або модернізованого обладнання реальний термін служби обладнання дуже часто не досягає гарантійного терміну експлуатації. Аналіз теоретичних досліджень підтверджує сильний вплив на надійність електродвигунів в сільськогосподарському виробництві експлуатаційних впливів, яким вони піддаються в процесі експлуатації.

Основними причинами виходу з ладу асинхронних двигунів є заклинювання ротора, втрата фази, перевантаження, невідповідність умовам навколишнього середовища.

Головні чинники, які впливають на експлуатаційну надійність електрообладнання: конструктивна надійність електрообладнання; умови навколишнього середовища при експлуатації електрообладнання; експлуатаційні режими електрообладнання; правильність застосування електрообладнання за його виконанням і характеристикам; рівень технічного обслуговування і ремонту електроустаткування в процесі його експлуатації.

Основні аварійні режими роботи (заклинювання ротора, втрата фази, перевантаження) призводять насамперед до перегріву двигуна, а далі вже до його поломки. Тобто контролюючи температуру двигуна, можна контролювати і термін служби електрообладнання.

Умови навколишнього середовища, в якому працює електрообладнання, найчастіше не піддається регулюванню або вимагає значних капітальних витрат для створення окремо мікроклімату для електроприводів і не може помітно підвищити надійність електрообладнання.

Рівень технічного обслуговування і ремонту електроустаткування в даний час сильно ускладнений. Низька кваліфікація електриків не дозволяє проводити якісно і своєчасно різні ремонтні роботи. Практично у всіх господарствах неможливе залучення кваліфікованого персоналу внаслідок відсутності стабільно-достатнього фінансування. Крім того, загальний знос матеріально-технічної бази господарств по ремонту електроустаткування не дозволяє виконувати роботи по його обслуговуванню.

Правильний вибір експлуатаційних режимів і правильність його застосування по виконанню і характеристикам може підвищити надійність електрообладнання. Існуючі способи і пристрої захисту не можуть в достатній мірі гарантувати зменшення аварійних ситуацій, а традиційні алгоритми вибору потужності ЕД в належній мірі не враховують такий фактор, як величина подачі компонентів у змішувач та якісні характеристики кормів (вологість, крупність, однорідність тощо).

Основна задача полягає у дослідженні та виявленні оптимального коефіцієнта завантаження АД електроприводів порційних змішувачів кормів в залежності від умов їх роботи, інтенсивності відмов, надання рекомендацій про можливість збільшення терміну служби ЕД, що вже виробили свій ресурс, за рахунок їх оптимального завантаження.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закладний О. О. Функціональне діагностування енергоефективності електромеханічних систем / О. О. Закладний – К.: Видавництво «Лібра», 2013. – 195 с.
2. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

РЕГУЛЬОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД НАСОСУ ДЛЯ  
АЕРАЦІЇ ВОДИ В БАСЕЙНІФедоренко Я. О., магістр e-mail: [yaroslav1107@ukr.net](mailto:yaroslav1107@ukr.net)

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

Державний біотехнологічний університет

Останнім часом все більше господарств віддають перевагу віддаю аквакультури, яка за рівнем економічних можливостей і дохідністю є досить перспективним видом агробізнесу, що заслуговує на певну увагу. Основу сталого розвитку рибальства і агрокультури формують водні біоресурси, їх розвиток визначається Законом України «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів» [1].

Світові тенденції розвитку останніх десятиліть демонструють зростання ролі рибництва та взагалі аквакультури, як не лише додаткового джерела сталої продовольчої безпеки населення, а й важливого елемента сучасних екологічно збалансованих агропромислових систем. Крім того, аналіз розвитку ринку сучасного продовольства взагалі показав зростання значення аквакультури, яка формує у світі фактично близько половини загального надходження рибної продукції від використання усіх видів водних біоресурсів.

Відповідно опублікованих статистичних даних Міжнародної організації сільського господарства та продовольства ФАО, спостерігається загальна тенденція суттєвого збільшення виробництва та споживання риби та рибних продуктів. Так, якщо ще 15-20 років тому, продукція аквакультури не перевищувала 30 % від усього обсягу добування водних біоресурсів, то останніми роками вона вже досягла 46 %. Загалом же розвиток аквакультури у світі об'єктивно зумовлений, як альтернатива негативним процесам виснаження природних водних біоресурсів через надмірне їх використання, тобто за аквакультурою – майбутнє світового рибництва [2].

При вирощуванні риби в басейнах при щільності  $100 \text{ кг/м}^3$  і більше виникає необхідність її очищення перед скиданням у водойми та примусове насичення киснем. Відповідно існуючим технологіям насичення киснем вода з оксигенатора потрапляє в басейн з розрахунку  $60-110 \text{ м}^3/\text{год}$  або  $2-4 \text{ л/с}$  на  $1 \text{ т}$  іхтіомаси. Питомі витрати кисню становлять  $0,04-0,08$  іхтіомаси [3].

Однак, слід враховувати, що протягом доби іхтіомаса в садках, відповідно технології вирощування перебуває в різних фазах активності. Так, є періоди годування (3-4 рази на добу), періоди відпочинку (2-3 рази на добу) і для утворення оптимальних умов утримання доцільно регулювати швидкість нагнітання кисню у воду і сповільнення загальної швидкості руху води в басейні. Просте вимикання та вмикання компресора і насоса недоцільне, внаслідок тимчасового зниження якості води та створення стресу іхтіомасі. Тому, пропонується застосувати частотно-регульований електропривод, що дозволить плавно змінювати відповідну продуктивність насоса і компресора [4].

В якості технічної реалізації способу регулювання продуктивністю насоса і компресора пропонуємо використати частотний перетворювач типу Sako SKI600 компанії Schneider Electric.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про рибне господарство, промислове рибальство та охорону водних біоресурсів» від 08.07.2011. № 3677-VI.
2. Товстик В. Ф., Бевзюк Л. П. Розведення та вирощування риби. Харків: Еспада, 2003. 124 с.
3. Товстик В. Ф. Рибництво: Навчальний посібник. Харків: Еспада, 2004. 272 с.
4. Голодний І. М., Лавриненко Ю. М., Козирський В. В., ін. Регульований електропривод. Київ: ТОВ ЦП «Компринт», 2015. 509 с.

РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ПО ЗНИЖЕННЮ ЕНЕРГОВИТРАТ  
В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ НА ЗЕРНООЧИЩУВАЛЬНИХ  
КОМПЛЕКСАХ

Чорна В. О., бакалавр, email: [kimtete2003@gmail.com](mailto:kimtete2003@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Гузенко В. В.

Державний біотехнологічний університет

В останні роки сільськогосподарське виробництво в Україні розвивається промисловими темпами, це стало можливим за рахунок впровадження сучасних технологій в виробничі процеси.

У тваринництві в економії енергоресурсів важливу роль мають заходи з енергозбереження в електроприводах сільськогосподарських машин. У промислово розвинених країнах від 30 до 60% електроприводів випускаються регульованими.

Метою дослідження є розробка та обґрунтування комплексу заходів для зменшення витрат енергії в електроприводах зернових очисних комплексах.

На зерноочищувальних комплексах використовується широкий спектр робочих машин: стрічкові, ланцюгові, скребкові та пневматичні транспортери; ковшові та пневматичні норії; очисні, сортувальні, сушильні машини.

Майже всі виробничі процеси у зернопереробних виробництвах пов'язані з обробкою зернопродуктів. Технологічні процеси обробки бувають: технологічні, механічні, машинні, апаратні [1].

На зерноочищувальних комплексах також є місця для збереження зерна: зерносховища (елеватори, складські приміщення, бухти); металеві та пластикові контейнери; поліпропіленові та джутові мішки; бетонні та металеві силосні башти; підземні сховища [2].

Сільськогосподарські машини – це робочі машини. Вони поділяються на технологічні і транспортні.

Використання таких електроприводів дозволяє скоротити енергоспоживання: транспортерів – на 25 ... 30%, норії – на 40%, вентиляторів – на 30%, центрифуг – на 50%. Якщо середнє завантаження електродвигуна не перевищує 45%, його доцільно замінити на менш потужний.

Проведено аналіз літературних джерел з теми дослідження та виявлено, що найбільший вплив на ефективність використання електроприводів мають: тип двигуна, системи керування електроприводів та режим роботи.

Основним фактором, що обмежує ріст виробництва сільськогосподарської продукції фермерськими господарствами, є низький рівень автоматизації виробничих процесів. Вирішенням цієї проблеми може стати простий та доступний відкритий програмний комплекс Arduino, його перевага над іншими подібними платформами виражається в наступному: доступність, кросплатформеність, низька ціна, просте середовище програмування, широкий асортимент апаратного забезпечення.

Запропоновано комплекс заходів щодо зниження енерговитрат в електроприводах на зерноочищувальних комплексах, який включає: використання енергоефективних електродвигунів, застосування сучасних систем керування електроприводом, оптимізацію режимів роботи електропривода.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ:

1. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / Дацишин О. В., Ткачук А. І., Гвоздєв О. В. та ін./ За редакцією О. В. Дацишина. Навчальний посібник.–Вінниця: Нова книга, 2008.– 488 с.
2. Машини сільськогосподарського виробництва / Гевко Р. Б., Ткаченко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І./ Навчальний посібник. – Тернопіль, 2005. – 228 с.



МЕТОДИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ  
ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНАШевченко М. В., магістр, e-mail: [nsevcenko1992@gmail.com](mailto:nsevcenko1992@gmail.com)Науковий керівник доц. Хандола Ю. М.  
Державний біотехнологічний університет

Існує кілька методів енергозбереження в електроприводах вентиляційних установок. Перший метод відноситься до найпростішого і наймасовішого некерованого електроприводу з короткозамкненими асинхронними двигунами і являє собою удосконалення процедур вибору двигунів для конкретних установок, що дозволяють уникнути як перевантаження, так і недовантаження обраного двигуна по потужності.

Другий метод підвищення економічності масового нерегульованого електропривода – перехід на енергозберігаючі двигуни, в яких за рахунок збільшення маси активних матеріалів (заліза та міді) підвищені номінальні значення ККД та коефіцієнта потужності. Однак така можливість дає ефект тільки тоді, коли двигун працює з практично постійним навантаженням і правильно вибраний. Крім того невелике збільшення ККД і коефіцієнта потужності супроводжується значним збільшенням вартості двигуна.

Третій метод – створення спеціальних додаткових технічних засобів, що забезпечують в нерегульованому електроприводі мінімізацію шкідливого впливу на енергетичні показники відхилення навантаження від номінальної. Ці засоби – спеціальні регулятори електричної енергії, що підключаються між мережею і статором двигуна, крім функцій енергозбереження часто виконують й інші, не менш важливі функції – керують режимами пуску і гальмування, іноді регулюють швидкість та момент, здійснюють захист, діагностику і т.п., тим самим підвищуючи надійність привода.

Четвертий метод – перехід від нерегульованого електропривода до регульованого. Цей об'єктивний процес, обумовлений підвищенням технічного рівня обладнання, в якому використовується електропривод, дає можливість вирішення енергетичних завдань. При цьому економія енергії часто досягається не за рахунок власне електропривода, а за рахунок оптимізації того процесу, який привод обслуговує, причому економія енергії іноді у багато разів перевершує власне споживання електропривода.

П'ятий метод, що відноситься до регульованого електроприводу – облік енергетичних критеріїв оцінки його якості. Цей метод набуває істотного значення зараз, оскільки регульований електропривод перестав бути екзотичним пристроєм і відіграє все більш помітну роль в енергетичному балансі[1,2].

Очевидно, що з усіх перерахованих вище методів енергозбереження останні два, а саме перехід від нерегульованого електропривода до регульованого з одночасною оптимізацією його енергетичних показників, дозволяють найбільш повно вирішити проблему економії електроенергії в електроприводі. Проведені аналітичні дослідження показують, що поряд з поліпшенням технологічних характеристик обслуговуваних їх механізмів, такий перехід може забезпечити в середньому зниження на 20-30% витрати електроенергії, споживаної електродвигунами. Використання регульованого електропривода є виключно вигідним енергозберігаючим заходом, так як додаткові витрати, пов'язані з його застосуванням, окупаються за 1-3 роки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: навчальний посібник / О. В. Барало, П. Г. Самойленко, С. Є. Гранат, В. О. Ковальов – Київ: Аграрна освіта, 2010 – 557 с.
2. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація: навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, І. П. Ільчов, Ю. М. Хандола – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.

ПЕРЕВІРКА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ КРАНА-ШТАБЕЛЕРА  
НА СТІЙКІСТЬ РУХУ БЕЗ БУКСУВАННЯ КОЛІС

Щербіна Є. С., бакалавр, [Yelyzaveta.Shcherbina@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Yelyzaveta.Shcherbina@ieee.khpi.edu.ua)

Скрипников І. В., бакалавр, [Ivan.Skrypnikov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Ivan.Skrypnikov@ieee.khpi.edu.ua)

Шевченко Є. Д., бакалавр, [Yevhen.Shevchenko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Yevhen.Shevchenko@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник к.т.н., доц. Асмолова Л. В.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Буксування коліс механізму переміщення крана-штабелера є негативним явищем при взаємодії колеса з рейкою. Це явище може проявитися, коли між колесом і рейкою виникає ковзання, у наслідок чого можуть з'являтися незатухаючі коливання [1, 2]. Це небезпечно для міцності механізму, знижує продуктивність, збільшує зношеність коліс. Тому дуже важливо, щоб електропривод механізму переміщення крана-штабелера перевірявся за запасом зчеплення коліс з рейками під час пуску і гальмування для найбільш несприятливих умов його роботи. Умовою сталого руху механізму переміщення крана-штабелера є:

$$F_{зч} \geq k_{зч} (W_{об} - F_{тр}), \quad (1)$$

де  $F_{зч}$  – сила зчеплення колеса з рейкою, Н;  $k_{зч}$  – коефіцієнт запасу зчеплення;  $W_{об}$  – загальне тягове зусилля ненавантаженого крана-штабелера під час пуску (гальмування), Н;  $F_{тр}$  – сила тертя у підшипниках коліс, Н.

Загальне тягове зусилля ненавантаженого крана-штабелера під час пуску (гальмування) без урахування вітрового навантаження і ухилу обчислюється за співвідношенням:

$$W_{об} = (m_k + m_b) g (\mu d_{ц} + 2f) k_p / D_k + 1,1a(m_k + m_b), \quad (2)$$

а сила опору від тертя в підшипниках коліс моста:

$$F_{тр} = (m_k + m_b) g \mu d_{ц} / D_k, \quad (3)$$

де  $m_k, m_b$  – вага крана та візка, відповідно, кг;  $d_{ц}$  – діаметр цапфи, м;  $D_k$  – діаметр ходових коліс, м;  $\mu$  – коефіцієнт тертя ковзання для підшипників ходових коліс;  $k_p$  – коефіцієнт, який враховує збільшення опору руху через тертя реборд ходових коліс об рейки;  $f$  – коефіцієнт тертя кочення ходових коліс по рейках.

Для забезпечення надійного зчеплення коліс із рейками під час пуску незавантаженого крана прискорення має бути не більшим за  $a_{п\max}$ :

$$a_{п\max} = \left[ Z_{пр} / Z (\varphi_c / k_{зч} + \mu d_{ц} / D_k) - W'_c \right] g, \quad (4)$$

де  $Z_{пр}$  – число приводних коліс;  $Z$  – загальне число ходових коліс крана-штабелера;  $\varphi_c$  – коефіцієнт зчеплення коліс із рейкою для кранів-штабелерів, які встановлені в закритих приміщеннях;  $W'_c$  – коефіцієнт опору переміщенню при терті в ребордах ходових коліс:

$$W'_c = k_p (\mu d_{ц} + 2f) / D_k. \quad (5)$$

Фактичний коефіцієнт запасу зчеплення ведучих коліс із рейками розраховується під час пуску механізму з фактичним прискоренням:

$$K_{зч\phi} = \frac{\varphi_c}{(\alpha_{п\phi} / g + W'_c) Z / Z_{пр} - d_{ц} / D_k}, \quad a_{п\phi} = V_{\phi} / t_p, \quad (6)$$

де  $a_{п\phi}$  – фактичне прискорення при пуску, м/с<sup>2</sup>:

Якщо,  $K_{зч\phi}$  буде більшим за  $k_{зч} = 1,2$ , то кран-штабелер буде працювати без буксування.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Попович М. Г., Лозинський О. Ю., Клепиков В. Б. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод, Київ: Либідь, 2005, 678с.
2. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков та ін.; За ред. М. Г. Поповича, О. Ю. Лозинського. – Київ: Либідь, 2005. – 680 с.

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ  
ВЛАСТИВОСТЕЙ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ НАСОСНИХ СТАНЦІЙ ПРИ  
ЧАСТОТНОМУ РЕГУЛЮВАННІ ШВИДКОСТІ

Щербина В. О., студент 2 курсу, e-mail: [dilleron47@gmail.com](mailto:dilleron47@gmail.com)  
Солоницький М. В., студент 4 курсу, e-mail: [Solonitc1\\_0@ukr.net](mailto:Solonitc1_0@ukr.net)  
Науковий керівник к.т.н., доц. Гузенко В. В.  
Державний біотехнологічний університет

У сучасному сільському господарстві основними споживачами є електродвигуни (понад 60 %). За рахунок цього до них висувують усе більш жорсткі вимоги, відносно ефективності роботи: рівень втрат енергії, відповідне навантаження, ін.[1]. При цьому, останнім часом найбільш пріоритетне значення, на ряду з оптимальним конструюванням асинхронних двигунів (АД), набувають задачі оптимального моделювання електроприводів змінного струму і визначення ефективних режимів роботи.

Аналіз способів регулювання швидкості обертання приводів показує, що перспективним є частотне регулювання частотою обертання електроприводів за рахунок плавності регулювання швидкості і значного зниження енергоспоживання на основі використання асинхронно-вентильний каскад [2].

*Мета статті.* Дослідження електромеханічних властивостей АД при частотному регулюванні кутової швидкості, встановлення математичних залежностей, розробка їх на основі методик.

Використання регульованого електропривода дозволяє скоротити енергоспоживання: pomp – на 25-30 %, компресорів – на 40 %, вентиляторів – на 30 %, центрифуг – на 50 %. З огляду на те, що ці типи механізмів складають більше 50 % використовуваних в сільському господарстві приводів, даний напрям є пріоритетним для економії електроенергії.

Частотний спосіб керування заснований на законі М.П. Костенко, що встановив, що відносне значення напруги потрібно змінювати пропорційно добутку частоти на корінь квадратний з відносного моменту двигуна. Надалі, закономірності різних співвідношень між частотою і дійсним значенням напруги: напруга змінювалася пропорційно частоті ( $U_m \approx f_m$ ); напруга змінювалася так, щоб забезпечити постійність повного або робочого потоку при зміні частоти; управління частотою при номінальній нарузі, ін. Моделювання системи автоматичного регулювання швидкості АД в програмі MATLAB Simulink проведено для електроприводу насосної установки. Дослідження здійснювалися на насосних станціях потужністю 11,5 кВт і 22,5 кВт на базі водопідйому "Карлівка" Полтавської області. Для регулювання частоти обертання електроприводу насосних установок застосовувався перетворювач частоти типу ПЧРТ-03-22. В системі регулювання можливо плавне регулювання в широкому діапазоні в обидві сторони від природної характеристики, з великою переважувальною здатністю.

Результати досліджень показують, що регулювання швидкості асинхронного двигуна за допомогою частотного перетворювача дозволяє оптимізувати технологічний процес, зменшити втрати електроенергії та підвищити якість водопостачання. Використання частотних перетворювачів має сенс, як складова частина системи керування конкретним агрегатом та як складні системні рішення для автоматизації технологічного процесу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Копылов И. П. Математическое моделирование электрических машин: Учеб. для вузов. - 3-е изд., - М.: Высш. шк., 2001.-327 с.
2. Высоцкий В. Е., Зубков Ю. В., Тулупов П. В. Математическое моделирование и оптимальное проектирование вентильных электрических машин. - М.: Энергоатомиздат, 2007.

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДВИГУНАМИ ІЗ ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ У  
ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.Якименко В. О., e-mail: [sorokin.ekt@gmail.com](mailto:sorokin.ekt@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Сорокін М. С.

Державний біотехнологічний університет

Електроприводи з постійними магнітами стали широко використовуваними в різних галузях промисловості, зокрема в транспорті. Їх використання дозволяє досягти високої ефективності, динаміки та надійності у роботі. Системи керування цими приводами відіграють ключову роль у забезпеченні оптимальної роботи електроприводів у різних умовах експлуатації. Системи керування двигунами з постійними магнітами у електроприводах транспортних засобів базуються на складних алгоритмах, які забезпечують оптимальну роботу електроприводу в різних умовах експлуатації.

Проектування систем керування включає в себе вибір відповідних сенсорів, алгоритмів керування та апаратних засобів для забезпечення оптимальної роботи електроприводів. Важливим етапом є також оптимізація параметрів систем керування з урахуванням конкретних умов експлуатації та вимог до транспортних засобів. Сьогодні найбільшої популярності знаходять 4 основні системи:

1. Векторне керування (Field Oriented Control, FOC). Основний принцип векторного керування полягає у тому, щоб керувати струмами та напругами, які подаються на статор двигуна, таким чином, щоб уявні вектори струму та напруги спрямовувалися вздовж основних вісей статора. Це дозволяє регулювати обертальний момент та швидкість обертання двигуна незалежно один від одного, що забезпечує високу динаміку реакції на зміни навантаження та точність управління.

2. Принципи максимального току (Maximum Torque Control, MTC). При використанні принципу максимального моменту, система керування спрямовує струм таким чином, щоб максимізувати обертальний момент двигуна при даній швидкості обертання. Це дозволяє досягти максимального обертального моменту при низьких швидкостях обертання, що важливо для старту руху транспортного засобу або подолання великих опорів.

3. Принцип векторного регулювання струму (Direct Torque Control, DTC). При використанні принципу векторного регулювання струму, система керування безпосередньо регулює струми в статорі двигуна таким чином, щоб досягти бажаного обертального моменту та швидкості обертання. Цей метод має високу швидкодіючість та простоту в реалізації, але може мати обмеження у точності регулювання порівняно з векторним керуванням.

4. Принципи оптимального керування (Optimal Control). Оптимальне керування використовує математичні методи для знаходження найкращого керування системою з урахуванням заданих критеріїв оптимальності. Цей підхід дозволяє досягти максимальної ефективності та точності управління, але вимагає складних обчислень та великої обчислювальної потужності.

Взагалі системи керування двигунами з постійними магнітами відрізняються високою ефективністю, низькими втратами енергії та великою динамікою реакції на зміни навантаження. Найбільше розповсюдження сьогодні знайшли системи FOC оскільки є найбільш прості у виконанні із точки зору технічної складової.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бредун Р.В. Аналіз конструкцій електричних машин з поперечним магнітним полем та ймовірні сфери їх використання. Р.В. Бредун, А.М. Масленников, XII Міжнародна науково-практична конференція магістрантів та аспірантів, НТУ «ХПІ» - Харків, 2019р.

2. Daboussi, Z. Field-oriented Control for Induction Motor Drives <https://books.google.com.ua/books?id=HqXStgAACAAJ> – 1990 - University of Minnesota

## СЕКЦІЯ 4. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 615.47

### ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ОБ'ЄКТИВІЗАЦІЇ ОЛЬФАКТОМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аврунін О. О., студент, e-mail: [oleksandr.avrunin@nure.ua](mailto:oleksandr.avrunin@nure.ua)

Науковий керівник к.м.н., доц. Шушляпіна Н. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Для визначення порушень нюхової функції використовують методи ольфактометричної діагностики [1]. Більшість з них взагалі мають суб'єктивний характер і не мають чітко виражених чисельних результатів, а лише показники за якісними шкалами [1]. Сучасні підходи ольфактометрії передбачають визначення чисельних характеристик носового дихання при дії відповідних одорантів. Основними показниками при цьому є вимірювальні значення перепаду тиску та витрати повітря при диханні носом і розрахункові дані щодо коефіцієнту аеродинамічного носового опору, пневматичної потужності та енергії дихання при дії відповідних типів одорантів. Вимірювання вхідних характеристик засновано на методі активної риноманометрії при розташуванні у повітряному тракті діагностичного пристрою контейнеру з відповідною пахучою речовиною [1, 2]. За відхиленнями відповідних показників від норми, наприклад, при збільшенні пневматичної потужності та енергії дихання відносно норми при появі нюхальної чутливості при дії відповідних одорантів певної концентрації можливо констатувати наявність дизосмії – порушення сприйняття окремих пахучих речовин, що може свідчити про ураження відповідальних за це нервів.

Але, час появи чутливості до одоранту у більшості таких методів пацієнт фіксує натиском на відповідну клавішу сигналізатору, що теж має суб'єктивний характер. Тому, для усунення цього фактору в роботі пропонується розробити комплексний підхід, який застосовує методи інтелектуального аналізу циклограми дихання за декількома показниками. Перший з них – це аналіз характерних дихальних циклів з високочастотними складовими, які можуть свідчити про появу ольфакторної чутливості. Другий заснований на аналізі тренду зміни коефіцієнту аеродинамічного носового опору під дією відповідної пахучої речовини. В залежності від типу та концентрації одоранту буде спостерігатись рефлекторне розширення, або скорочення слизової оболонки носової порожнини, що теж буде свідчити про появу ольфакторної чутливості. Складність реалізації цих методів заснована на необхідності виконання достатньо великої кількості дихальних маневрів через контейнер з одорантом, який має достатньо високий аеродинамічний носовий опір, що може призводити до втоми пацієнта. Але при виконання вже приблизно 10-ти дихальних маневрів можливо визначити характерний тренд зміни аеродинамічного носового опору в осовій порожнині при диханні.

На основі визначення характерних дихальних маневрів з високочастотною складовою та тренду зміни коефіцієнту аеродинамічного носового опору в послідовних дихальних циклах, можливо отримати діагностичні дані щодо рефлекторної реакції слизової оболонки носової порожнини на дію одоранта та визначити появу ольфакторної чутливості. Це дозволяє об'єктивізувати ольфактометричні дослідження і використовувати їх при телемедичному скринінгу [3] пацієнтів та відновлення нюхальної чутливості.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Avrunin, O., Shushlyapina, N., Nosova, Y., Bogdan, O. (2016), "Olfactometry diagnostic at the modern stage", Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies, NTU "KhPI", Kharkiv, No. 12 (1184), pp. 95-100, DOI: 10.20998/2413- 4295.2016.12.13
2. Avrunin O., Sakalo S., Semenets V., Development of up-to-date laboratory base for microprocessor systems investigation, 2009 19th International Crimean Conference Microwave & Telecommunication Technology, Sevastopol, 2009, pp. 301-302.
3. Kolisnyk, K., Deineko, D., Sokol, T., Kutsevlyak, S., & Avrunin, O. (2019, October 1). Application of Modern Internet Technologies in Telemedicine Screening of Patient Conditions. IEEE Xplore. <https://doi.org/10.1109/PICST47496.2019.9061252>



ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ MEDIAPIPE HANDS  
ДЛЯ ДЕТЕКТУВАННЯ РУХОВИХ РОЗЛАДІВ ВЕРХНІХ КІНЦІВОК

Андрущенко М. А., здобувач, email: [marko.andrushchenko@nure.ua](mailto:marko.andrushchenko@nure.ua)

Науковий керівник к.т.н. доц. Селіванова К. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Сучасні безмаркерні системи детекції ключових точок кінцівок, що базуються на технологіях штучного інтелекту, відзначаються широким застосуванням у науковій спільноті [1], також вони сприяють реалізації неінвазивного виявлення порушень рухової активності в верхніх кінцівках шляхом фіксації аномалій у моториці, що представляє значний інтерес в галузі біомедичної інженерії [2].

Одним з перспективних напрямків в цьому напрямі, є розробка таких систем для мобільних пристроїв, але на відміну від інших платформ, мобільні пристрої мають обмеження по енергоспоживанню, системам охолодження та обсягу оперативної пам'яті.

Ці обмеження спонукали до розробки рішень, оптимізованих для ефективної роботи на мобільних пристроях. Прикладом такого рішення є MediaPipe Hands, модель, яка може ідентифікувати 21 ключову точку на людській руці в режимі реального часу. Приклади тестування її роботи наведені на рис. 1.

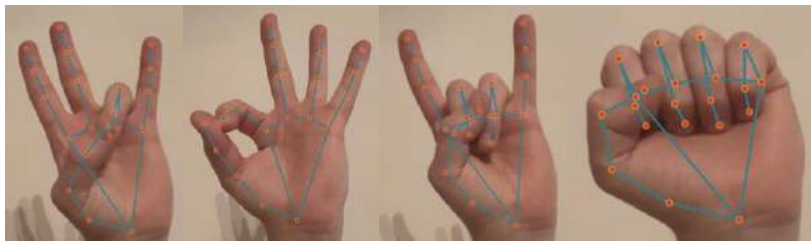


Рисунок 1 - Приклади практичної реалізації технології MediaPipe Hands на IOS

MediaPipe Hands представляє собою компонент в рамках комплексного проекту MediaPipe, розробленого та підтримуваного корпорацією Google, що спрямований на реалізацію алгоритмів штучного інтелекту на мобільних пристроях.

Таким чином, застосування технології MediaPipe дозволяє досягти високої стабільності роботи на мобільних пристроях. Ця технологія дозволяє модифікувати поведінку ШІ у рамках його можливостей для швидкого та гнучкого процесу розробки методів діагностики рухових розладів [3], елимінуючи потребу в повторному навчанні ШІ для кожного конкретного завдання.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Селіванова К. Г. Застосування методів комп'ютерного зору для детектування динамічних характеристик рухів людини / К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології : тези доповідей VII Міжнар. наук.-техн. конф., 17-21 травня 2022 р. – Харків : ХНУРЕ, 2022. – Т. 1. – С. 66-67.
2. Селіванова К. Г. Використання методів комп'ютерного зору для детектування рухів рук людини під час тестування у неврології / К. Г. Селіванова // Медико-психологічні аспекти реабілітації й абілітації в епоху турбулентності. Збірник наукових праць за загальною редакцією Заслуженого лікаря України, професора О.А. Панченка. 2021. Київ. КВІЦ. 420 с.– С. 277-279.
3. Селіванова К. Г. Оцінка ступеню рухових порушень кистей рук під час проведення заходів фізичної реабілітації / К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. (16-20 травня 2023, м. Харків) / редкол.: І. Б. Чеботарьова, О. В. Вовк, Ж. В. Дейнеко. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2023. Т1. 270 с. – С. 114-115.

ЗАСОБИ ЛАЗЕРНОЇ РЕФЛЕКСОТЕРАПІЇ ТА ЕПІЛЯЦІЇ  
З КОНТРОЛЕМ ФАКТОРУ ВПЛИВУ

Бондар А. О., магістр, e-mail: [a.o.bondar@student.khai.edu](mailto:a.o.bondar@student.khai.edu)

Науковий керівник – к.т.н., доц. Олійник В. П.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**Вступ.** Сучасні лазерні технології активно використовуються для вирішення широкого класу задач в різних областях науки і техніки від фізики і хімії до біології і медицини. За допомогою лазерного випромінювання проводяться складні технологічні операції, дослідження, вимірювання та діагностика. Одними з поширених областей застосування лазерного випромінювання є оптична рефлексотерапія і косметична епіляція. Тут лазерні засоби створюють дозований енергетичний вплив на певні точки шкірного покриву. Від локалізації і потужності впливу залежить кінцевий лікувальний або косметичний ефект. Як недостатня так і надлишкова потужність випромінювання є причинами незадовільного застосування лазерної апаратури.

**Мета роботи** полягає у підвищенні ефективності проведення лазерних терапевтичних і косметологічних процедур шляхом контролю потужності поглиненого біотканинами оптичного випромінювання.

**Основна частина.** Лазерне випромінювання характеризується монохроматичністю (однobarвністю), когерентністю (збігом всіх фаз світлових хвиль в просторі та часі), поляризованістю (положенням площини поляризації по відношенню до напрямку променя). Ці властивості лазера дозволяють при необхідності отримати випромінювання високої інтенсивності та потужності енергії, виключної спрямованості – практично паралельного пучка світла.

Відомо що біологічні тканини впливу, такі як шкіра, є оптично неоднорідними поглинаючим середовищами із середнім показником заломлення, більшим, ніж у повітря, тому на межі розділу біооб'єкт – повітря частина випромінювання відбивається (френелівське відбиття), а інша частина проникає в біотканини. Крім поглинання, шкіра характеризується значним світлорозсіюванням, тобто є каламутним середовищем, що складається з великого числа випадково розподілених в об'ємі розсіюючих центрів. Ступінь розсіювання залежить від довжини хвилі випромінювання і оптичних властивостей біотканини [1]. Таким чином енергетична складова цільового впливу може бути суттєво нижчою за необхідний рівень.

Для лазерної рефлексотерапії і косметології більшість технічних пристроїв використовують напівпровідникові лазери. При нормативних параметрах живлення характеристики вихідного випромінювання цих джерел є досить стабільними. Якщо провести вимірювання інтенсивності відбитого випромінювання у секторі тілесного кута довкола лазерного променя, то можна отримати оціночне значення поглиненої потужності впливу. Пропонується до лазерного випромінювача ввести лінійку фотодіодів розташованих по колу. Спектральні характеристики чутливості фотодіодів повинні відповідати довжині хвилі лазерного випромінювання а приймальна діаграма спрямованості охоплювати можливі кути відбиття.

**Висновки.** Таким чином, використовуючи нормативні показники потужності вихідного лазерного випромінювання і вимірюючи потужність відбитого від ділянки впливу, можна за їх різницею визначити поглинену біотканинами потужність.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Швидкий, В. В. Динаміка змін параметрів лазерного випромінювання в біологічних тканинах // В. В. Швидкий, М. Ф. Терещенко. ВісникНТУУ«КПІ».Серія приладобудування. – 2017.– Вип. 54(2)/ 2017 ,– С.111-117.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОСОБИ ЗА БІОМЕТРИЧНИМИ  
ПОКАЗНИКАМИ РАЙДУЖНОЇ ОБОЛОНКИ ОКА

Васильєва А. В., магістр, e-mail: [a.v.vasylieva@student.khai.edu](mailto:a.v.vasylieva@student.khai.edu)

Науковий керівник доц. Олійник В. П.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**Вступ.** Використання біометричних параметрів людини є дуже актуальним в наш час для ідентифікації особи [1]. В даній роботі розглядається ідентифікація за райдужною оболонкою ока. Цей напрям використовує отримання біометричних даних на основі зображень райдужної оболонки. Існує велика кількість технічних та програмних засобів реалізації цього методу, але кожен з них має свої певні недоліки які обмежують його практичне застосування [2].

**Мета роботи.** Підвищення ефективності ідентифікації особи людини шляхом отримання якісних зображень райдужної оболонки ока на великих відстанях.

**Основна частина.** Використання новітніх технологій для біометричної ідентифікації за райдужною оболонкою ока забезпечує високий рівень безпеки при реєстрації та достовірності при ідентифікації особи. Існуючі системи застосовують інноваційні методи сканування та аналізу зображень райдужної оболонки, працюють у режимі реального часу та забезпечують швидке розпізнавання, мають різноманітні функціональні можливості. Коефіцієнт помилкової ідентифікації у таких системах є надзвичайно низьким, що робить їх застосування пріоритетним для біометричної ідентифікації. Але існуючі системи мають одну спільну проблему. Вона полягає в неможливості отримання якісного зображення райдужної оболонки ока навіть на відстані один метр [2]. Це зменшує потенціальні можливості біометричної ідентифікації при великій кількості користувачів.

Структурно система ідентифікації має у своєму складі біологічну та технічну підсистеми. До біологічної – належить особа яка проходить ідентифікацію, та людина-оператор. Технічна підсистема базується на апаратно-програмних засобах. Для збільшення відстані реєстрації зображення ока пропонується ввести додатковий модуль наведення який буде автоматично проводити пошук та фіксацію необхідного зображення. Для збільшення просторового кута та відстані спостереження до модуля наведення входить блок сканування та оптичного фокусування. Після отримання цифрового еквівалента зображення, програмно виконуються процедури обчислення біометричних показників та їх порівняння з ідентифікаційною базою даних. Даний модуль має в своєму складі управляючий мікроконтролер, стабілізатори живлення, кроковий двигун блоку фокусування, а також сервоприводи блоку сканування. Для управління модулем і передачі даних використано інтерфейс UART

**Висновки.** Таким чином, в результаті проведеного аналізу існуючих технічних рішень ідентифікації особи за райдужною оболонкою ока людини, було запропоновано введення до існуючих систем додаткового модуля наведення для отримання якісних зображень райдужної оболонки ока на великих відстанях.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Захаров В. П. Біометричні технології в XXI столітті та їх використання правоохоронними органами: посібник. – 2-ге вид., доп. / В. П. Захаров, В. І. Рудешко. – Львів: ЛьвДУВС, 2015. – 492 с.
2. Методи і технології біометричної ідентифікації за результатами літературних джерел / Л. Г. Коваль, С. М. Злепко, Г. М. Новіцький, Є. Г. Крекотень // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. Том 30 (69) Ч. 1 № 2 2019. С. 104 – 112.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ РАДІОКАБЕЛІВ  
МАРКИ RG213, LMR400 ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ  
СИГНАЛІВ У ДІАПАЗОНІ 5 ГГц

Гладкий В. В., e-mail: [vv\\_gl@ukr.net](mailto:vv_gl@ukr.net)

Науковий керівник ст. викл. Саньков С. В.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

**Актуальність дослідження.** Під час практичної експлуатації абонентського обладнання мережі eLTE, виникає необхідність монтажу в обмеженому просторі. Наявний радіокабель НСААYZ-50-12 не має необхідної гнучкості відповідно до ТУ експлуатації.

**Мета дослідження.** Визначити можливість застосування радіокабелів марки RG213, LMR400 для мережі eLTE в діапазоні 5 ГГц.

**Основні матеріали досліджень.** Створено стенд для дослідження радіокабелів, що складається з базової станції (БС) eAN3820, абонентським пристроєм DAU eA680-950 та комплектами радіокабелів. Відстань між БС та приймальними антенами DAU = 3,75 м. Довжина кабелів від антен до DAU = 0,9 м (RG213, LMR400) та 1,3 м для НСААYZ-50-12. Виконується паяне з'єднання роз'ємів для радіокабелів RG213, LMR400 та механічне з'єднання роз'ємів для НСААYZ-50-12. За паспортними даними рекомендована частота для кабелів RG213 – до 3 ГГц, LMR400 – до 3,5 ГГц, НСААYZ-50-12 – до 6 ГГц.



Рисунок 1 – Стенд для дослідження радіокабелів

Максимальна потужність базової станції – 200 мВт (23 dBm). Для роботи БС використовується один антенний вихід з двох, полоса каналу 20 МГц, частота 5,5 ГГц.

Для кожного виду кабелю виконані виміри параметрів радіосигналу (RSSI, SINR, RSRP) на абонентському пристрої DAU з покроковим зменшенням потужності БС з 200 мВт. RSRP – потужність на основі пілотних сигналів БС, SINR – співвідношення сигнал/шум. На рисунку 2(а) та 2(б) наведені графіки результатів вимірювання. Наявність символу «+» в назві графіку, вказує на підсилене затягування роз'ємів до DAU та антен. По вісі 0X відкладаються коди потужностей випромінювання базової станції: -48 = 200 мВт (23 dB), -68 = 125 мВт (21 dB) в сторону зменшення.

Кращі результати у графіків, що знаходяться вище. По рівню потужності RSRP прийнятого сигналу та якості зв'язку SINR кращі результати у марок кабелю RG213, LMR400. При застосуванні довгих відрізків кабелю на потужність отриманого сигналу впливатиме



рівень згасання в кабелі. Що в свою чергу, при застосуванні кабелів RG213 та LMR400 за межами рекомендованого частотного діапазону, нівелюватиме покращення від паяних з'єднань в роз'ємах.

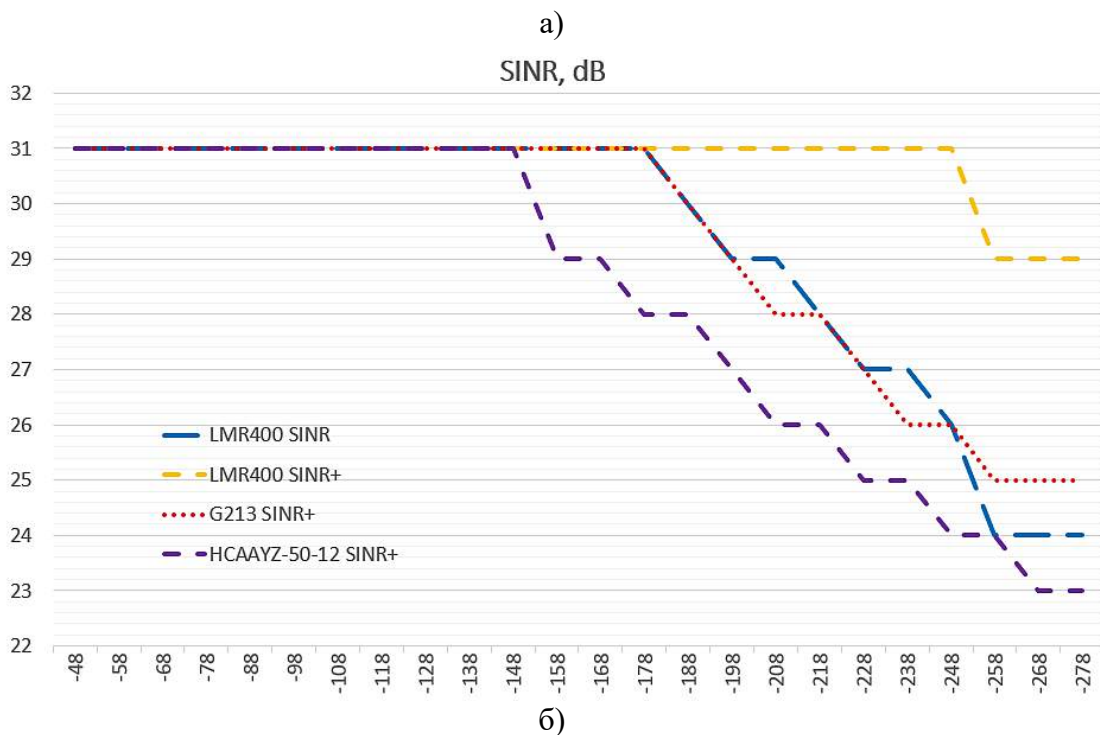
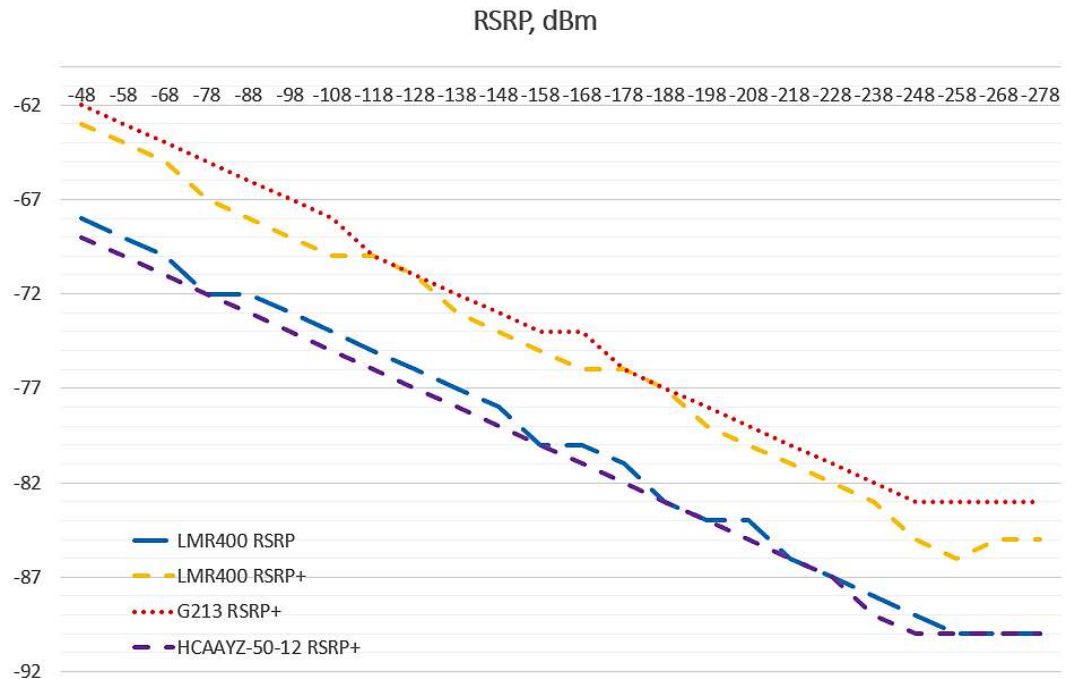


Рисунок 2 – Результати вимірювань параметрів радіосигналу для RG213, LMR400 та HCAAYZ-50-12: а) RSRP; б) SINR

**Висновок.** При малих розмірах радіокабелів марок RG213 та LMR400, їх можна застосовувати в мережі eLTE з частотою 5 ГГц. За рахунок паяних з'єднань роз'ємів зменшуються втрати в радіокабелях, навіть при використанні за межами рекомендованого радіочастотного діапазону. При підсиленому затягуванні роз'ємів збільшується якість та міцність механічного контакту і, відповідно, збільшується потужність та якість радіосигналу прийнятого абонентським пристроєм.



ОБҐРУНТУВАННЯ ПРИДАТНОСТІ ШТУЧНИХ ДЖЕРЕЛ ВИПРОМІНЮВАННЯ  
ЯК АТРАКТАНТУ ДЛЯ КОМАХ ШКІДНИКІВ

Євсюков Я. О., магістр, e-mail: [tteniekt@ukr.net](mailto:tteniekt@ukr.net)

Науковий курівник д.т.н., проф. Косуліна Н. Г., e-mail: [kosnatgen@ukr.net](mailto:kosnatgen@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність.** Для захисту садів від комах-шкідників з метою подальшого підвищення врожаю плодів в садах використовують мобільні агрегати [1]. Розглянуті мобільні установки для електрофізичного захисту рослин є досить громіздкими, надмірно складними, ненадійними та неефективними у польових умовах. Це пов'язано з тим, що недостатньо обґрунтовано вибір джерела випромінювання – атрактанта для комах-шкідників, не наведено відомості про величину зони пригнічення комах, що створюється навколо випромінювачів, а також наскільки ця зона перекривається високовольтними і всмоктуючими пристроями.

На основі проведених досліджень було встановлено, що найбільшу привабливість для комах має випромінювання оптичного джерела, спектральне розподілення якого є найближчим до спектрального складу випромінювань нічного неба [2, 3].



**Мета роботи** є дослідження спектрального розподілу випромінювання штучними джерелами світла в якості атрактанту для знищення комах шкідників в садах.

**Основний матеріал дослідження.** В якості критерія порівняння кривих спектрального розподілу випромінювань штучного джерела та нічного неба слід використовувати величину сумарного середньоквадратичного відхилення  $S_{уст}$  та ординат характеристики джерела  $\varphi(\lambda)_{уст}$  від відповідних ординат спектральної характеристики випромінювання нічного неба  $\varphi(\lambda)_{н.н.}$ :

$$S_{джер.} = \sqrt{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} [\varphi(\lambda)_{дж} - \varphi(\lambda)_{н.н.}]^2}, \quad (1)$$

де  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – межі, в інтервалі яких проводиться порівняння.

Слід зазначити, що порівняння повинні зазнавати енергетично рівні інтегральні потоки випромінювань:

$$\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda)_{джер} = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda)_{н.н.}. \quad (2)$$

У граничному випадку, коли спектральна характеристика штучного джерела повністю збігається із спектральною характеристикою випромінювань нічного неба,  $S_{джерело} = 0$ . Остаточо, оцінку придатності штучних джерел як оптичних атрактантів, слід проводити за висловом:

$$S'_{джерело} = \sqrt{\sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} [\varphi(\lambda)_{дж} - \varphi(\lambda)_{н.н.}]^2 N(\lambda)}, \quad (3)$$

де  $N(\lambda)$  – ордината кривої відносної спектральної привабливості комах для відповідної довжини хвилі.

Чисельний аналіз було проведено для двох джерел типу ДРТ-275 та ЛЕ-15. Порівняння проводилося в інтервалі довжин хвиль від 300 нм до 345 нм.

Таблиця 1

Спектральний розподіл випромінювань джерел типу ЛЕ-15

$\lambda$ , мм	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
$Y_{ЛЕ}$	0,803	1,664	2,062	2,472	2,027	1,856	1,389	0,937	0,732	0,583

Таблиця 2

Спектральний розподіл випромінювань джерел типу ДРТ-275

$\lambda$ , мм	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
$Y_{ДРТ}$	1,301	2,938	3,476	3,71	3,410	3,16	2,352	2,008	1,54	1,117

Таблиця 3

Спектральний розподіл випромінювань неба

$\lambda$ , мм	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
$Y_{н.н}$	0,400	0,643	0,918	0,980	0,910	0,801	0,810	0,07	0,08	0,150

Таблиця 4

Відносна спектральна привабливість комах

$\lambda$ , мм	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345
$N(\lambda)$	0,72	0,786	0,843	0,9	0,935	0,962	0,979	0,989	0,997	0,999

Дані кривих спектрального розподілу випромінювань нічного піднебіння, ламп ДРТ-275, ЛЕ-15 та відносної спектральної привабливості комах представлені у таблицях.

На підставі виразу (3) були розраховані такі значення:

$$S'_{ДРТ} = \sqrt{\sum_{300}^{345} [\varphi(\lambda)_{ДРТ} - \varphi(\lambda)_{н.н.}] N(\lambda)} = 6,151;$$

$$S'_{ЛЕ} = \sqrt{\sum_{300}^{345} [\varphi(\lambda)_{ДРТ} - \varphi(\lambda)_{н.н.}]^2 N(\lambda)} = 2,75.$$

**Висновок.** З отриманих результатів випливає, що як атрактант слід використовувати оптичне джерело типу ЛЕ-15 для зниження комах-шкідників в мобільних установках для електрофізичного захисту рослин.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Защита садов от насекомых-вредителей электрофизическими установками / В. Н. Дубик, И. Й. Гордийчук // Вісник Львівського національного аграрного університету. – 2010. – Вип.14. – С. 83 – 89.
2. Justification of the electromagnetic impulse method destruction of insect pests in gardens. Cherenkov, A.D., Kosulina, N.G., Yaroslavskyy, Y.I., ...Aizhanova, A., Tanas, J. Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering this link is disabled, 2018, 10808, 108083P <https://doi.org/10.1117/12.2501665>
3. Вчені з'ясували, чому комах приваблює світло. <https://portaltele.com.ua/news/nauka/vcheni-z-yacuvaly-chomu-komah-pryvablyuye-svitlo.html>

РОЗРАХУНОК АНТЕННОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ СУШКИ ВОВНИ  
В НАДВИСОКОЧАСТОТНОМУ ПОЛІ

Срмолаєв Є. В., магістр e-mail: [tte\\_mniect@ukr.net](mailto:tte_mniect@ukr.net)

Науковий керівник д.т.н., професор Косуліна Н. Г., e-mail: [kosnatgen@ukr.net](mailto:kosnatgen@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

**Актуальність.** Враховуючи фізико-хімічні властивості вовни, можна припускати, що в області первинної обробки вовни зниження собівартості продукції і отримання високих прибутків можливе лише на підставі нових технологій і устаткування з використанням пружних коливань, і електромагнітних полів.

Відсутність промислових розробок придатних для сушки вовни привело до необхідності теоретичного і експериментального підтвердження можливості практичної реалізації пристроїв для сушки вовни в надвисокочастотному полі (НВЧ).



**Мета роботи.** розрахунок антенного пристрою для сушки вовни в надвисокочастотному полі.

**Основний матеріал дослідження.** З метою створення рівномірного електромагнітного поля в робочій камері нами запропоновано ввести в неї дві антени від двох магнетронів.

В якості антени вибрані спіральні циліндричні антени. Застосування спіральних антен має ряд незаперечних переваг. Спіральна антена з круговою поляризацією випромінює поля з правою або лівою (залежно від напрямку намотування витків спіралі) поляризацією, що обертається, а при роботі на прийом вона приймає поле будь-якої лінійної поляризації або поле поляризації, що обертається, з тим же напрямом обертання, що і випромінює.

Ця властивість спіральної антени добре узгоджується зі НВЧ-генератором і робочою камерою, оскільки відбита хвиля приходить до антени із зворотним напрямом обертання поляризації і не сприймається нею.

Нами вибраний режим осьового випромінювання, який має ряд особливостей : мінімумом випромінювання уздовж осі; утворення хвилі, що біжить, на дротах спіралі; активний вхідний опір; діапазонність.

Спіральна антена має широкосмугові властивості, які пов'язані з природою хвилі, що біжить, поширюється в провіднику, і таку антену можна безпосередньо приєднувати до кабелю живлення без додаткового узгодження хвилевих опорів.

В результаті численних вимірювань характеристик спіральних антен в режимі осьового випромінювання встановлені наступні наближені залежності для спіралей з кроковим кутом  $\alpha = 12...15^\circ$ .

Середня ширина головної пелюстки діаграми спрямованості :

- по половинній потужності:

$$2\theta_0 = \frac{52}{\frac{L}{\lambda} \sqrt{\frac{ns}{\lambda}}} \text{ градусів;} \quad (1)$$

- коефіцієнт посилення:

$$G = 15 \left( \frac{L}{\lambda} \right)^2 n \frac{s}{\lambda}; \quad (2)$$

- вхідний опір:

$$R_{\text{вх}} = 140 \frac{L}{\lambda}; \quad (3)$$

- максимум випромінювання в осьовому напрямі:

$$\frac{L}{\lambda} \cong l, \quad (4)$$

де  $L$  – довжина одного витка;  $a$  – кроковий кут;  $n$  – число витків;  $l$  – осьова довжина спіралі;  $D$  – діаметр намотування спіралі;  $s$  – відстань між витками;  $d$  – діаметр дроту спіралі. Між вказаними параметрами циліндричної антени існують співвідношення:

$$L^2 = (\pi D)^2 + s^2, \quad (5)$$

$$\alpha = \arctg \frac{s}{\pi D}, \quad (6)$$

$$l = n \cdot s. \quad (7)$$

По приведених розрахункових формулах розрахована спіральна антена для робочої камери. Дані приведені в таблицю 1.

Таблиця 1 – Розрахункові параметри спіральної антени

Параметри	Одиниці виміру
1. Число витків	3
2. Діаметр навивки, мм	30
3. Крок	20±2
4. Повна довжина дроту, мм	335+5
5. Відстань між відбивачем і спіраллю, мм	21
6. Товщина дроту, мм	2,8...3,5

**Висновок.** На основі приведених розрахунків антенного пристрою для сушки вовни в надвисокочастотному можна зробити висновок, що діаметр дроту дуже мало впливає на опір випромінювання; спіраль, навита з мідного дроту завтовшки 3,5 мм має достатню механічну стійкість. Для запобігання максимальної дії на спіраль, вона поміщається в ковпак з пластика з низьким коефіцієнтом втрат з товщиною стінок менше 3 мм.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Косуліна Н. Г. Биофизический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – 2013. – Вип. 141. – С. 86 – 87.
2. Determining the parameters of the acoustic system for the primary treatment of wool. Mykhailova, L., Kozak, O., Kosulina, N., Potapsky, P., Cherenkov, A. Eastern-European Journal of Enterprise Technologiethis link is disabled, 2018, 3(5-93), pp. 61–68. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133710>
3. Acoustic vibrations hydrodynamic emitter parameters determination / Mykhaylova, L. M., Kosulina, N. G., Cherenkov, A. D., Avrunin, O. G., Semenets, V. V. Telecommunications and Radio Engineering (English translation of Elektrosvyaz and Radiotekhnika) this link is disabled, 2020, 79(3), pp. 231–248. <https://doi.org/10.1615/TelecomRadEng.v79.i3.50>

МАГНІТНА ОБРОБКА ПОЛИВНОЇ ВОДИ  
ТА РОЗЧИНІВ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ У ТЕПЛИЦЯХ  
Заверталюк О. В., магістр, e-mail: [o.zavertaliuk@gmail.com](mailto:o.zavertaliuk@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Савченко В. В.  
Національний університет біоресурсів і природокористування України

Інтенсифікація тепличного овочівництва пов'язана із впровадженням енерго- та ресурсозберігаючих технологій, однією з яких є магнітна обробка поливної води та розчинів мінеральних добрив.

Поливання рослин магнітоактивованою водою впливає на засвоєння рослинами поживних речовин і прискорює їх ріст, підвищує врожайність, збільшує вміст мінеральних солей, цукру і сухої речовини [1, 2].

Але на шляху широкого впровадження магнітної обробки водних розчинів існує ряд труднощів. Це пов'язано з тим, що нині не в повній мірі розкриті механізми й закономірності дії магнітного поля на водні розчини.

Мета дослідження – встановлення оптимального режиму магнітної обробки водних розчинів в теплицях.

На основі проведених аналітичних досліджень встановлено, що при обробці водних розчинів у магнітному полі змінюється швидкість хімічних реакцій.

При цьому зростає ступінь електролітичної дисоціації, що сприяє кращому розчиненню солей і кислот.

Зміна швидкості та рівноваги хімічних реакцій під дією магнітного поля, а також розчинності солей та кислот призводять до зміни рН та окислювально-відновного потенціалу водного розчину.

При обробці води і водних розчинів у магнітному полі зростає концентрація кисню. Зростання концентрації кисню придушує процес спороутворення фітопатогенних грибків та зменшує захворюваність сільськогосподарських рослин.

Також зростає питома електропровідність розчину за рахунок збільшення коефіцієнта електролітичної дисоціації.

Встановлено, що основними діючими факторами при обробці водних розчинів у магнітному полі є магнітна індукція, градієнт магнітного поля і швидкість його руху. Зростання кількості перемагнічувань підсилює ефект обробки. Ефект обробки води і водних розчинів залежить від квадрату магнітної індукції, швидкості руху розчину в магнітному полі та його хімічного складу.

Ефект магнітної обробки водних розчинів залежить від полюсної поділки (градієнта магнітного поля), проте її зміна в межах 0,14 – 0,32 м не суттєво впливає на водні розчини.

При зміні магнітної індукції від 0 до 0,065 Тл рН, концентрація кисню та питома електропровідність розчину зростає, після чого починає зменшуватися. Окислювально-відновний потенціал розчину спочатку зменшується при зростанні магнітної індукції до 0,065 Тл, а потім зростає.

Найефективнішим режимом є обробка водних розчинів в магнітному полі з магнітною індукцією 0,065 Тл, чотириразовому перемагнічуванню і швидкості руху розчину 0,4 м/с. При такому режимі обробки концентрація кисню у воді збільшувалася на 24 %, розчині азотнокислого калію – 25 %.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Малкін Є. С. Перспективи створення ресурсозберігаючих технологій шляхом магнітної обробки води та водних розчинів / Є. С. Малкін, І. Є. Фуртат, Н. Є. Журавська, В. П. Усачов // Вентиляція, освітлення та водопостачання. – 2014. – Вип. 17. – С. 120 – 127.
2. Monkade, M. Influence of the Electromagnetic Device Aqua 4D on Water Quality and Germination of Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Int. J. Curr. Eng. Technol.*, 2020. P. 19–24.



ВПЛИВ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА ДОСЛІДЖЕННЯ  
БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ МЕТОДОМ ГАЗОРОЗРЯДНОЇ  
ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

Зінченко О. М., аспірант, e-mail: [a.zinchenko@khai.edu](mailto:a.zinchenko@khai.edu)

Науковий керівник доц. Олійник В. П.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**Вступ.** Метод газорозрядної візуалізації (ГРВ) є одним з перспективних напрямів комплексної оцінки функціонального і фізіологічного станів людини. Інформацію про загальний стан людини пов'язують з характеристиками випромінювання газового розряду у видимому діапазоні. Діагностика проводиться шляхом комп'ютерної обробки зареєстрованого зображення (візуалізації) за розподілом інтенсивності та його контуром плоскої проєкції [1].

Використання методу ГРВ дозволяє швидко, неінвазивно, стерильно і безпечно оцінити загальний стан всього організму пацієнта по характерним зображенням. Простота методу у застосуванні дає можливість спостереження за розвитком як патологічних процесів, так стадій лікування та їх ефективності. Не дивлячись на зазначені переваги широкого практичного застосування метод ГРВ в діагностичній медицині не знайшов. Основна причина це відсутність статистично узагальнених зразків зображень пов'язаних з певним станом організму людини.

**Мета роботи.** Оскільки візуалізація або світіння розряду залежить не тільки від електрофізичних показників організму людини, а також від характеристик джерела імпульсної напруги, сенсорного пристрою реєстрації випромінювання та власне і від повітряного середовища де відбувається формування газового розряду, то необхідно провести дослідження по впливу перелічених складових на кінцеве ГРВ- зображення.

**Основна частина.** В роботі [1] був запропонований експериментальний стенд для реєстрації додаткових кількісних показників процесу газорозрядної візуалізації. Додатковими параметрами процесу газорозрядної візуалізації, які відображають електрофізичні характеристики досліджуваного об'єкту можуть бути: амплітуда, частота та сквапність імпульсів джерела напруги, які визначаються за стрибком струму зміщення вразі електричного пробою. До переваг реєстрації цих параметрів слід віднести їх кількісне вимірювання і можливість об'єктивного порівняння. Зазначені властивості цих параметрів дають додаткову можливість цифрового опису стану досліджуваного об'єкта, а в подальшому автоматизації проведення діагностики. Також треба враховувати, що на виникнення та спектральні характеристики світіння розряду впливає оточуюче повітряне середовище.

Пропонується до структури експериментального стенду додати блок реєстрації умов проведення дослідження. Який забезпечує вимірювання: тиску, температури, вологості повітря під час ГРВ- діагностики. Також, до цього блоку повинен входити пристрій вимірювання рівня іонізуючого випромінювання.

**Висновки.** Застосування блоку реєстрації умов дослідження дозволить визначити ступінь впливу зовнішніх факторів на формування ГРВ- зображень і об'єктивно порівнювати результати діагностики за цим методом.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Oliinyk, V., Babakov, M., Lomonosov, Y., Oliinyk, V., Zinchenko, O. (2022). Modernization of gas discharge visualization for application in medical diagnostics. *Technology Audit and Production Reserves*, 4 (1 (66)), 21–29. doi: [http://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263397](https://doi.org/10.15587/2706-5448.2022.263397)

Завдяки значним досягненням в області інформаційних технологій, відбувся стрімкий розвиток наук та галузей виробництва. Однією з таких галузей стала робототехніка, яка з плином часу розширює орієнтованість свої виробів. Цікавим спрямуванням є виробництво роботів медичного призначення, які дозволяють вирішувати великий спектр задач терапії хворих людей. Варіативність видів таких робототехнічних пристроїв постійно збільшується, тому актуальним є огляд загальної інформації про них.

Існують такі види медичних роботів: роботи-асистенти, сенсорні протези, ендоскопічні роботи та капсули, екзоскелети і роботи симулятори пацієнтів.

**Робот-асистент** представляє собою універсальну, роботизовану, хірургічну систему з дистанційним управлінням. Приклад даної системи – робот-хірург Da Vinci. Експерти виділяють наступні переваги використання перед відкритою хірургією:

- підвищені точність та швидкість оперативного втручання,
- чудова ергономіка,
- безпека перед можливим інфікуванням гепатитом і ВІЛ.

**Сенсорний протез** – 3D-друкована, біонічна рука, що здатна приймати сигнали з м'язів користувача за допомогою чутливих, електронних сенсорів. Останні в комбінації з механічними приладами, перетворюють ці сигнали в інтуїтивні та пропорційні рухи.

**Ендоскопічний робот** – це нова концепція хірургічної практики, яка в першу чергу орієнтована на хірурга, а не на робота. Покликана вдосконалити ендоскопічну процедуру, пропонуючи широкий спектр інструментів від взяття біопсії до припікання рани. Система є доволі мобільною і легкою в інсталяції.

**Капсульна ендоскопія** – це високотехнологічний метод, заснований на передачі зображень з камери, вмонтованої в мініатюрну капсулу (поміщену в організм пацієнта), на зовнішній записуючий пристрій. Обстеження проходить під контролем програмного забезпечення (з підтримкою «Штучного Інтелекту») та лікаря. Капсула є одноразовою і стерильною забезпечуючи мінімальну можливість інфікування.

**Екзоскелети** – пристрій, призначений для поповнення втрачених функцій, збільшення сили м'язів людини та розширення амплітуди рухів за рахунок зовнішнього каркасу, і приводних елементів. Вони покликані допомагати пацієнтам з вадами опорно-рухового апарату та паралізованим.

**Роботи-симулятори пацієнтів** – медичні, комп'ютеризовані роботи-симулятори здатні відтворювати функціональні особливості серцево-судинної, дихальної і видільної систем організму людини. Також вони запрограмовані імітувати фізіологічну відповідь на різноманітні дії медичних працівників, в т.ч. і введення фармакологічних препаратів. Здатність роботів імітувати фізіологічні реакції є їхньою унікальною властивістю, що не має аналогів у світі та відрізняє їх від усіх інших медичних манекенів [1].

На основі проведеного огляду, можна зробити висновок, що існуючі роботизовані медичні системи підвищують точність, якість виконання хірургічних втручань та забезпечують стерильність їх виконання, відновлюють втрачені кінцівки, що сприймають сигнали від м'язів і формують відповідні механічні рухи. Окрім цього, вони забезпечують глибокий аналіз порожнини тіла, відновлюють опорно-руховий апарат та виконують симуляцію живих об'єктів для навчання студентів медичних освітніх закладів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайт «INgenius»: 5 медичних роботів, які змінюють медицину.

URL: <https://ingeniusua.org/articles/5-medichnikh-robotiv-yaki-zminyuyut-medicinu> (дата звернення: 29.03.24).

**Актуальність.** У зв'язку з очікуваним ростом площ теплиць постає задача зменшення витрат на їх спорудження й експлуатацію. Актуальною є проблема розробки ефективних енергозберігаючих режимів вирощування овочів, перш за все з використанням ресурсозберігаючих малооб'ємних технологій, які дають змогу значно підвищити урожайність та якість продукції. До таких технологій слід віднести гідропонні технології. Дані технології потребують розв'язання питань мінерального живлення рослин та багаторазового використання живильного розчину. Їх вирішення пов'язане із розробкою і впровадженням процесів мінерального живлення рослин та покращити використання води, енергії, мінеральних добрив.



**Мета роботи.** Аналіз технологій обробки води з метою активації поливної води та електротехнологічного контролю іонного обміну рослин.

#### **Основний матеріал дослідження.**

Технологія обробки води охоплює комплекс процесів з метою зміни її початкового складу та поліпшення природних властивостей шляхом зменшення або повного вилучення небажаних інгредієнтів та збагачення її тими інгредієнтами, яких не вистачає. Технологія обробки води визначається якістю самої води, її фізичними, фізико-хімічними і бактеріологічними властивостями та вимогами споживача.

За призначенням технології обробки води поділяють на такі групи:

- очищення води (прояснення, знебарвлення, дезодорація та ін.);
- знезараження води (хлорування, озонування, ультрафіолетове та радіаційне випромінювання, кип'ятіння, та ін.);
- активація води (електрофорез, електрокоагуляція, електромагнітна обробка, електричний розряд, обробка ультракороткими хвилями струму, вплив ультразвуком).

**Висновок.** Під час підготовки води для використання в сільському господарстві виникає потреба її прояснення, зм'якшення, знесолення, деманганациї, знефторення, дегазації та інше. Проте такі показники, як кольоровість, прозорість і запах, можуть бути дещо вищими. Існуючі технології обробки води використовуються для води, яка призначена для господарських та питних цілей. Ці технології не передбачають активації фізичних властивостей води.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. У якій воді розводити добрива для гідропоніки? <https://agrodom.com/advice/v-kakoy-vode-razvodit-udobreniya-dlya-gidroponiki/>
2. Унікальний спосіб вирощування рослин. <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/424-unikalnyi-sposib-vyroshchuvannia-roslyn.html>

Діагностична техніка відіграє ключову роль у встановленні діагнозів хворим людям та проведенні профілактичних обстежень. З плином часу, функціональні можливості даних приладів розширюються, підвищується їх точність і швидкість визначення патологічних станів людського організму. Відповідно до вище приведеного, реалізація аналізу інформації в даному є актуальним завданням, щоб узагальнити притаманні їм функції. В доповіді буде йти мова про можливості сучасних цифрових електрокардіографів.

Електрокардіограф – це вузькоспеціалізований медичний прилад, що розроблений для реєстрації біоелектричних імпульсів серця. За його допомогою відбувається встановлення таких захворювань серця як: синусова аритмія, синусова брадикардія, екстрасистолія, синусова тахікардія, пароксизмальна тахікардія, WPW-синдром, CLC та інші [1].

До сучасних функціональних можливостей електрокардіографів можна віднести:

- Встановлення частоти серцевих скорочень та їх регулярність.
- Наявність позачергових скорочень (екстрасистоли) і випадінь з ритму (аритмії).
- Обсяг серцевого м'яза та його зміни.
- Пошкодження міокарда внаслідок інфаркту або ішемічної хвороби (гостре або хронічне).
- Блокування корональних артерій.
- Збої в процесі провідності.
- Фізичний стан серця (гіпертрофованій лівий шлуночок).
- Тромбоемболія легеневої артерії.
- Порушення в процесі обміну електролітів [2].

Функціональними особливостями електрокардіографів є: 1) Одночасна обробка даних з 12 відведень і повноекранне відображення 12-канальних сигналів електрокардіограми (ЕКГ); 2) Чутливі фільтри шумів ADS, HUM та EMG і три види режимів роботи: AUTO, MAN та ANA; 3) Різні типи друку: Ручний / Авто / ANA, стандартний 12-канальний, 3-х канальний, 3-канальний плюс ритм, 6-канальний плюс ритм, 6-канальний плюс P (можливість виводити інформацію на A4), аритмія, аналіз фізичного стану; 4) Вбудований програмний аналіз віку в реальному часі, щоб зробити аналітичний результат більш надійним; 5) Виявлення і відображення сигналів тривоги при відключенні відведення, відсутності паперу або відсутності акумулятора; 6) RS232 та USB інтерфейси зв'язку або опціональний бездротовий зв'язок; 7) вбудована функція допомоги: підказка з розміщення електродів, основні дані про ЕКГ; 8) Клінічна інформація: легко відредагувати ідентифікаційні дані пацієнта, стать, вік, вагу; 9) Функція збереження файлів: можна зберігати до 8 ЕКГ-файлів у самому пристрої, або до 1000 ЕКГ-файлів на SD-картці. Збережені ЕКГ-файли можуть бути роздруковані [3].

На основі представлених відомостей, можна зробити висновок про наявність широкого спектру діагностичних можливостей сучасних цифрових електрокардіографів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сайт «CentrLab»: ЕКГ: як визначається хвороба на ЕКГ, розшифровка результатів. URL: <https://centrolab.ua/blog/ekg-yak-viznachatsya-hvoroba-na-ekg-rozshifrovka-rezultativ> (дата звернення: 29.03.24).
2. Сайт «Ортоп»: Види, призначення та принцип роботи електрокардіографів. URL: <https://ortop.ua/ua/stati/elektrokardiografy-ikh-vidy-naznachenie-i-printsip-raboty/> (дата звернення: 29.03.24).
3. Сайт «Horizon Medical»: Електрокардіографи. URL: <https://horizon-medical.com.ua/ua/p1170415595-elektrokardiograf-ecg-11121.html> (дата звернення: 29.03.24).



НЕІНВАЗИВНИЙ МЕТОД СЕНСОРНОГО ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ  
ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ ТАКТИЛЬНОЇ ТА ТЕПЛОВОЇ ЧУТЛИВОСТІ ПРОТЕЗУ РУКИ

Краснокутська Т. С., магістр, e-mail: [t.s.krasnokutska@student.khai.edu](mailto:t.s.krasnokutska@student.khai.edu)

Науковий керівник доц. Олійник В. П.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»

**Вступ.** Близько 50-60% людей з ампутованими кінцівками носять протези. Одна з головних причин відмови від протезів рук полягає в тому, що зворотній зв'язок або тактильні чи теплові відчуття від протезу руки до користувача відсутні, або є незначними, що робить протез менш функціональним. Відсутність зворотного зв'язку вимагає від користувача значних когнітивних зусиль для виконання основних жестів і щоденних дій [1]. В даній роботі запропоновано неінвазивний метод сенсорного зворотного зв'язку для відтворення тактильної та теплової чутливості верхньої кінцівки.

**Мета роботи.** Розширення функціональності протезу верхньої кінцівки шляхом відтворення тактильної та теплової чутливості.

**Основна частина.** Сенсорний зворотний зв'язок може бути наданий за допомогою інвазивних та неінвазивних методів. Останній включає використання: теплового впливу, механічного тиску, вібрації та розтягування шкіри, електротактильної стимуляції фантомних кінцівок, звукового зворотного зв'язку або комбінацію цих факторів. Кожен метод має як негативні, так і позитивні складові. Використання одного методу для передачі кількох відчуттів може бути важко зрозумілим або приводити до високого когнітивного навантаження користувача. Ефективним підходом є використання окремих каналів зворотного зв'язку для селективного формування відчуттів у людини [2].

Структурно неінвазивний метод сенсорного зворотного зв'язку для відтворення тактильної та теплової чутливості верхньої кінцівки є гібридною та незалежною системою від протезу. Для зняття температурних та тактильних характеристик об'єктів використовуються датчики тиску та температури розміщені в зоні контакту. Обробка та передача сигналу до блоку відтворення чутливості виконується за допомогою мікроконтролера. Умовно система відтворення чутливості складається з двох окремих блоків. Теплове сприйняття формується на шкірі пацієнта за допомогою елемента Пельтьє, що нагрівається чи охолоджується. Тактильна чутливість передається неінвазивно за допомогою електромеханічного перетворювача. Точки механічного тиску і розташування елемента Пельтьє на шкірному покриві обираються індивідуально для кожного пацієнта.

Дана система є вмонтованою в рукавицю, яку надягають на протез та закріплюють на ньому ремінцями-фіксаторами. Рукавиця виконує додатково захисну функцію для протезу та дозволяє розміщувати блоки відтворення чутливості в будь-якій збереженій частині руки. Також технічне обслуговування системи можна виконувати окремо без протезу.

**Висновки.** Таким чином, в результаті аналізу неінвазивних методів сенсорного зворотного зв'язку було запропоновано гібридну систему у вигляді рукавиці, яка відновлює теплову й тактильну чутливість кінцівки та виконує захисну функцію протеза.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Leen Jabban, Sigrid Dupan, Dingguo Zhang, Ben Ainsworth, Kianoush Nazarpour, Benjamin W. Metcalfe, "Sensory Feedback for Upper-Limb Prostheses: Opportunities and Barriers", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol.30, pp.738-747, 2022. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9734235?denied=> – 17.03.2024
2. B. Stephens-Fripp, G. Alici, R. Mutlu, A review of non-invasive sensory feedback methods for transradial prosthetic hands. *IEEE Access*6, 6878–6899 (2018). [Електроний ресурс]. – Режим доступу: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8253455/citations#citations> – 17.03.2024



## РОБОТ-ХІРУРГ – АПАРАТ «DA VINCI»

Косуліна Н. Г., д.т.н., проф. e-mail: [kosnatgen@ukr.net](mailto:kosnatgen@ukr.net)Мальцев К. В., бакалавр, e-mail: [kirill\\_malsev@meta.ua](mailto:kirill_malsev@meta.ua),Коршунов К. С., аспірант, e-mail: [k.s.korshunov@gmail.com](mailto:k.s.korshunov@gmail.com)

Державний біотехнологічний університет

**Аналіз літературних джерел.** Роботи-хірурги та роботизовані хірургічні системи – застосовуються для проведення складних хірургічних операцій. Є не автономними пристроями, а дистанційно керованим інструментом, який забезпечує лікаря точністю, підвищеною вправністю і керованістю, додатковою механічною силою, зменшує стомлюваність хірурга, знижує ризик захворювання хірургічної бригади гепатитом, ВІЛ і іншими захворюваннями.

Найвідомішим роботом-хірургом у всьому світі є апарат «Da Vinci». Систему виготовляє компанія Intuitive Surgical. Наприкінці 1980-х років у Стенфордському дослідному інституті, пізніше відомому як SRI International, провели дослідження, результатом якого стала розробка робота-хірурга. Вчені хотіли вдосконалити хірургічні інструменти малоінвазивної хірургії. 1990 року SRI отримав фінансування від Національного інституту охорони здоров'я США. Інститут розробив прототип роботизованої хірургічної системи, якою зацікавилася Міністерство оборони, оскільки за допомогою робота лікарі могли віддалено оперувати поранених солдатів. 2000 року компанія залучила \$46 млн інвестицій. У тому ж році в США офіційно схвалили використання хірургічної системи для загальної лапароскопічної хірургії.

До речі, спочатку у робота да Вінчі був конкурент. Компанія Computer Motion прийшла в область роботизованої хірургії раніше, ніж Intuitive Surgical, із власною системою ZEUS Robotic Surgical System. Intuitive Surgical навіть подавала до суду на Computer Motion через порушення патентних прав, але зрештою компанії домовилися про злиття. ZEUS в результаті замінили роботом да Вінчі. На 2015 рік вироблено понад 3000 апаратів да Вінчі. Вартість однієї такої системи – \$2 млн [1, 2].

**Мета роботи.** Аналіз роботи та технічних можливостей апарату «DA VINCI».

**Основний матеріал дослідження.** Робот-хірург «DA VINCI» важить 500 кілограм і складається із двох основних блоків. Перша частина розташована над пацієнтом і містить чотири зв'язані між собою «лапки» та бінокулярну HD-камеру високої чіткості. "Лапки" оснащені хірургічними інструментами. Ця частина робота перебуває у контакті з тілом людини під час хірургічного втручання.

Друга частина не взаємодіє з тілом пацієнта безпосередньо, але це найважливіший елемент апарату да Вінчі, оскільки саме з неї хірург управляє роботом. Консоль оснащена двома джойстиком та 3D-екраном, який безпосередньо пов'язаний з ендоскопом. Спеціальні кабелі передають дані. Система має кілька варіацій. У разі збою живлення робот здатний працювати в автономному режимі близько 20 хвилин. Роботизована хірургія також дозволяє проводити операції дистанційно. Сидячи біля консолі, лікар бачить операційне поле у 3D із десятикратним збільшенням за рахунок машинного зору. Захоплюючи та рухаючи рукоятки маніпуляторів, лікар виконує необхідні дії. Система плавно перетворює рухи хірурга на рухи приладів у режимі реального часу – вони рухаються, як руки, але з великим діапазоном рухів.

Усього у робота є чотири маніпулятори: два працюють з інструментами та відповідають правій та лівій руці хірурга, третій маніпулятор управляє ендоскопом, а четвертий асистує та виконує додаткові завдання. Основні переміщення здійснюються за допомогою рукояток та педалей. Intuitive Surgical удосконалила систему SRI до прототипу, спочатку відомого як «Ленні», який був готовий до випробувань у 1997 році. Назви прототипів так чи інакше пов'язані з італійським живописцем – одного звали «Леонардо», а іншого «Мона». Остаточна версія прототипу одержала прізвисько «Хірургічна система да Вінчі», і ця назва прижилася. У 1999 році Intuitive Surgical почала продавати свій апарат у Європі. Робот да Вінчі відразу

припиняє роботу, якщо голова хірурга не контактує із спеціальним датчиком, встановленим над екраном.

Стійка знаходиться поруч із ліжком і включає камеру та інструменти, якими хірург управляє з консолі. Ця частина складається з чотирьох робочих маніпуляторів, які оснащені необхідними для різних дій інструментами. Консоль може вільно обертатись над пацієнтом на 360 градусів. Система лазерних датчиків допомагає персоналу безпомилково визначити безпечну відстань від сторонніх об'єктів поза зоною видимості.

Інструменти робота да Вінчі мають невеликий діаметр (5 – 8 мм), що дозволяє їм проникати у внутрішні порожнини через крихітні проколи менше 2 см. Це означає, що після втручання не залишається великих шрамів.

Відеостійка є монітором із сенсорним екраном. На ньому відображається операційне поле. Монітор необхідний для бригади лікарів та середнього медичного персоналу, які є присутніми на операції. Відеосистема включає стереоендоскоп, яким керує один з маніпуляторів, і три камери з мікрочіпами. Система передає зображення за допомогою двох незалежних каналів. Зображення обробляється за допомогою алгоритму посилення контурів та шумоподавлення. В результаті лікар отримує чітке тривимірне зображення операційного поля, без мерехтіння чи згасання. Вінниця стала першим містом в Україні (2019 р.), де запровадили роботизовану хірургію. «DA VINCI» з'явився у медичному центрі «Інномед» [3].



Робот хірург Da Vinci



Робот хірург MiroSurge



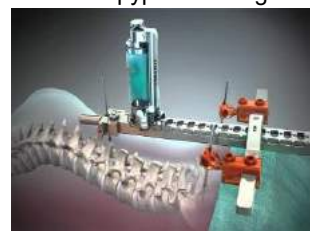
Робот хірург от UPM



Робот катетер Sensei X



Роботизована система по трансплантації волос ARTAS



Робот хірург Mazor Renaissance



Робот хірург от SSSA Biorobotics Institute



Робот для відстежування хірургічних інструментів від GE Global Research

Конкурентами «Da Vinci» стали новий робот-хірург MiroSurge, призначений для операцій на серці, роботизована рука від компанії UPM для точної вставки голок, катетерів і інших хірургічних інструментів в процедурах мінімально інвазивній хірургії, хірургічна платформа під назвою IGAR від компанії CSII, роботизована система-катетер Sensei X, виробництва Hansen Medical Inc для проведення складних операцій на серці, система для трансплантації волосся ARTAS від Restoration Robotics, хірургічна система Mazor Renaissance, яка допомагає робити операцію хребет і головний мозок, робот-хірург від учених з SSSA Biorobotics Institute, а також робот-помічник для відстежування хірургічний інструмент від GE Global Research, знаходиться у стадії розробка, і багато інших.

**Висновок.** Роботизовані хірургічні системи служать асистентами або помічниками для лікарів і не є повністю автономними пристроями.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Роботи служать у медичних цілях. Нанороботи, екзоскелети та роботизовані протези. <https://robotics.ua/ru/vashe-zdorove-medysynskaia-robototekhnyka-v-nashy-dny/>
2. Робот да Винчи: как работает робот-хирург и какие операции может проводить. <https://hi-tech.mail.ru/review/100035-da-vinci-robot/>
3. Перший робот-хірург з'явиться в Україні. <https://nachasi.com/news/2019/03/01/pershyj-robot-hirurg-z-yavytsya-v-ukrayini/>

Радіаційні технології широко використовуються у сучасній ветеринарії. Насамперед це стосується систем візуалізації [1]. Більшість ветеринарних клінік у Європі та Північній Америці мають доступ до рентгенівських апаратів, а в спеціалізованих центрах все частіше використовують комп'ютерну томографію (КТ), флюороскопію, гамма-камеру, позитронно-емісійну томографію (ПЕТ), системи однофотонну емісійну комп'ютерну томографію (ОФЕКТ), а також комбіновані ОФЕКТ/КТ та ПЕТ/КТ сканери [2]. Особливо цікавими є спеціалізовані розробки для експериментальних досліджень, які дозволяють проводити гібридну візуалізацію мілких лабораторних тварин.

Експериментальні дослідження та лікувальні процедури у ветеринарній радіоонкології стосуються також вивчення технологій та методик внутрішньотканинної променевої терапії із застосуванням радіофармацевтичних препаратів, а також дистанційної променевої терапії, яка може застосовувати технічні джерела поверхневого та віддаленого опромінення (рентгентерапевтичні апарати та лінійні прискорювачі електронів), а також ізотопні джерела як для зовнішнього (дистанційна гамма-терапія), так і внутрішньопорожнинного опромінення (брахітерапія). Всі ці технології потребують облаштування процедурних приміщень та забезпечення захисту персоналу та тварин в разі променевого лікування.

Трапляється, що для тварин радіаційні процедури можуть проводитися в різних неспеціалізованих приміщеннях, що може спричинити специфічні проблеми та вимагає спеціальної освіти та навчання для практикуючих ветеринарів. У багатьох ситуаціях поводження з тваринами може передбачати присутність спеціалізованого персоналу (охоронців тварин), що також може призвести до необхідності вжиття певних захисних заходів. Отже, до ветеринарних клінік, які працюють з радіаційними технологіями, слід застосувати вимоги МАГАТЕ щодо радіаційного захисту та безпеки у ветеринарній медицині [3].

В залежності від розміру тварин застосовуються різні способи розташування радіаційного обладнання, різні методи іммобілізації тварин, спеціальні касети, платформи або інші пристосування для позиціонування тварини. В разі присутності персоналу поруч з твариною у радіаційному полі необхідно щоразу планувати процедуру таким чином, щоб ефективно захистити персонал (рентгенлаборанта, інтервенційного хірурга тощо).

В Україні вимоги МАГАТЕ від 2021 р. [3] мали б фактично бути імplementовані в умовах військових дій. Зараз значно зросли обсяги робіт у численних комунальних та приватних ветеринарних лікарнях, центрах порятунку тварин. Тварини, врятовані із зони бойових дій, масово потребують комплексного лікування, у тому числі специфічних травм внаслідок бойового ураження. Всі ці задачі потребують значно ширшого застосування рентгенівської техніки, а, отже, і перегляду умов праці, індивідуального захисту та налагодження індивідуального дозного контролю у ветеринарній радіології.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Pentreath RJ, Applegate KE, Higley KA, Peremans K, Natsuhori M, Randall E, Gambino J. Radiological protection of the patient in veterinary medicine and the role of ICRP. *Ann ICRP*. 2020 Dec;49(1\_suppl):169-181. doi: 10.1177/0146645320946619. Epub 2020 Sep 4. PMID: 32885662.
2. Yitbarek D, Dagnaw GG. Application of Advanced Imaging Modalities in Veterinary Medicine: A Review. *Vet Med (Auckl)*. 2022;13:117-130 <https://doi.org/10.2147/VMRR.S367040>
3. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Protection and Safety in Veterinary Medicine, Safety Reports Series No. 104, IAEA, Vienna (2021) <https://www.iaea.org/publications/13481/radiation-protection-and-safety-in-veterinary-medicine>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМУ NON-LOCAL MEANS (NLM)  
ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ БІОМЕДИЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬМісоченко С. Ю., здобувач, e-mail: [serhii.misochenko@nure.ua](mailto:serhii.misochenko@nure.ua)

Науковий керівник к.т.н. доц. Селіванова К. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Non-local means (NLM) являє собою алгоритм обробки зображення для фільтрації гаусового шуму. На відміну від фільтрів "локального середнього" (Local mean), які для фільтрації зображення визначають середнє значення групи пікселів, що оточують цільовий піксель, нелокальна фільтрація бере середнє значення всіх пікселів на зображенні, зважене на те, наскільки ці пікселі схожі на цільовий піксель [1]. Тому можна визначити головний недолік – якщо зображення складається з великої кількості елементів малого розміру, які значно відрізняються між собою (наприклад – рентгенівське зображення легень) за яскравістю – використання цього методу може призвести до втрати значної частини інформації, оскільки це приводить пікселі у групі до середнього значення яскравості всього зображення [2].

Як можна побачити із рис. 1 – NLM алгоритм показує високу якість фільтрації навіть при високих значеннях шумів. У випадку присутності великої кількості дрібних та слабо-контрастних елементів, їх чіткість може значно знизитись (рис. 1).

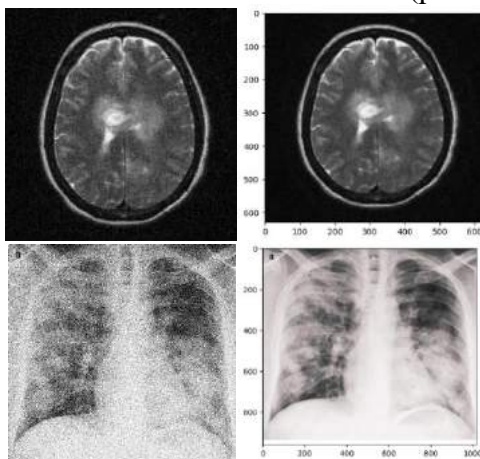


Рисунок 1– Результати роботи NLM-алгоритму для уражених гаусовим шумом біомедичних зображень

Таким чином, практичне використання алгоритму NLM має ефективне застосування в галузі обробки біомедичних зображень – реалізації функції фільтрації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Місоченко С. Ю. Дослідження використання вірогіднісних методів у сфері обробки біомедичних зображень / С. Ю. Місоченко, К. Г. Селіванова, О. Г. Аврунін // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXX міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, 19-21 жовтня 2022 р. – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – С. 902.
2. Місоченко С. Ю. Використання НED-алгоритму методу згорткових нейронних мереж (CNN) для сегментації МРТ зображень головного мозку / С. Ю. Місоченко // Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, присвяченої 125-річному ювілею Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (13-14.12.2023, м. Київ): ел. збірник / Упоряд.: О. І. Голембіовська – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 239 с. – С. 158-160.



## ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЗІ ЗНИЩЕННЯ ПАТОГЕННИХ МІКРООРГАНІЗМІВ У ВОВНІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ ММ ДІАПАЗОНУ З ЇЇ ПІДГРІВОМ

Печеринський В. В., магістр, e-mail: [oceanalex@gmail.com](mailto:oceanalex@gmail.com)

Наукові керівники: доц. Потапський П. В., доц. Козак О. В.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Дослідження механізму взаємодії електромагнітного поля (ЕМП) з мікроорганізмами неможливе без інформації про поширення цього поля усередині клітини мікроорганізмів.

На основі теоретичних досліджень були проведені чисельні розрахунки розподілу ЕМП у патогенних мікроорганізмах, які містить вовна. Розрахунки були проведені в діапазоні частот 35,5...36,9 ГГц, щільності потоку потужності 1,25 мВт/см<sup>2</sup>, для форми мікроорганізмів у вигляді витягнутого еліпсоїда з довжиною, що лежить у межах 1,5...8 мкм, і діаметром  $d$  – у межах 0,6...2 мкм. Результати розрахунку показують, що максимуми стрибка електричної напруженості поля змінюють своє положення в діапазоні частот поля від 35,9 ГГц до 36,025 ГГц, а значення самих максимумів лежить у межах 425...430 В/м. При такій величині напруженості, наведений потенціал на мембрані патогенних мікроорганізмів у вовні буде становити 150...160 мВ (рис. 1), що приведе до руйнування мембрани та загибелі мікроорганізмів.

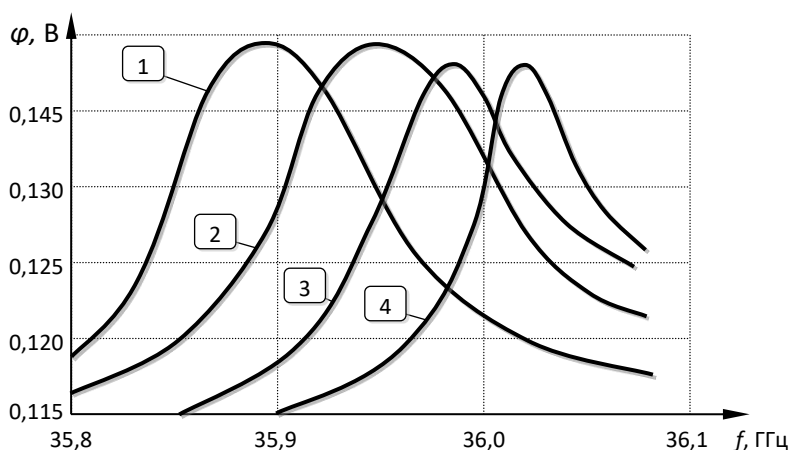


Рисунок 1 - Залежність наведеного потенціалу  $\varphi$  на границі між покриттям і тілом патогенних мікроорганізмів у вовні від частоти що впливає ЕМП при постійній експозиції  $t = 0,001$  с для різних лінійних розмірів:

1 –  $l = 8$  мкм,  $d = 1,5$  мкм;

2 –  $l = 6$  мкм,  $d = 2$  мкм;

3 –  $l = 3$  мкм,  $d = 0,6$  мкм;

4 –  $l = 1,5$  мкм,  $d = 1$  мкм.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Andrii Bereziuk, Oleksiy Karlov, Roman Kryshchuk, Ihor Garasymchuk, Pavlo Potapskyi, Mykola Vusatyi. Vortex currents and magnetic forces of non-magnetic plate in the process of magneto-pulse treatment on the ideal ferromagnetic platform / PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY, ISSN 0033-2097, R. 99 NR 5/2023 P. 8-12 <http://pe.org.pl/articles/2023/5/2.pdf>.

2. Kovalenko V., Kokovikhin S., Dobrovolska E., Korzhenivska N., Kozak O. Value of photosynthesis in growing meadow clover depending on technology elements. Engineering for rural development. Jelgava, 26.-28.05.2021. pp.1638-1641 DOI:10.22616/ERDev.2021.20.TF351.



МОЖЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ТРЕНУВАНЬ  
ЗА СУЧАСНИМИ ВІДЕОТЕХНОЛОГІЯМИПрісич О. Ю., аспірант, e-mail: [olena.prisych@nure.ua](mailto:olena.prisych@nure.ua)

Науковий керівник д.т.н., проф. Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

В останні роки спостерігається швидкий розвиток технологій дистанційного навчання [1]. В сучасних умовах дистанційного освітнього процесу під час війни виникає необхідність вдосконалення методів надання навчального контенту в он-лайн режимі. І особливо це саме необхідно при видах занять, де відбувається набуття практичних навичок і які потребують присутності здобувача в реальному навчальному середовищі під час освітнього процесу. Зокрема, для відсутності гіподинамії у здобувачів в он-лайн режимі навчання на заняттях фізичного виховання необхідно розробляти навчальний контент, який дозволяв би відчувати присутність на заняттях з тренером [2]. Це можливо на основі надання цифрових матеріалів комплексу фізичних вправ під час індивідуальних тренувань на основі технічних засобів віртуальної та доповненої реальності, що дозволяє створити відчуття присутності шляхом впливу на зоровий апарат людини [2, 3].

При цьому пропонується створення відео контенту з ефектом присутності на заняттях при проведенні дистанційних тренувань. Фактично, такий контент містить тренера, який демонструє фізичні вправи, або відразу присутність групи учасників для групового тренування. Панорамний огляд надає враження ефекту безпосередньої присутності в тренувальному середовищі і не прив'язаний до фіксованого поля зору камери [3]. Стереовідеоконтент формує повну 3D-картину реального тренувального середовища і дозволяє отримати додаткову та більш точну інформацію про глибину простору та забезпечити розширене уявлення про реальний тренувальний процес. При цьому необхідно враховувати параметри відеозйомки, такі як наявність геометричних спотворень та суттєве зниження деталізації при збільшенні відстані до об'єкту при використанні ширококутних камер, зменшення просторового розрізнення стереозору за глибиною пропорційно квадрату відстані об'єкту від камери. З урахуванням цього, розташування основних об'єктів тренувального середовища повинно бути в діапазоні 1,5 – 2,5 метрів від стерео камери. Розрізнення відео потоку, що надається до кожного ока для надання реалістичності середовищу повинно бути не менш ніж FullHD (1920 на 1080 елементів зображення) при загальному розрізненні відповідно 4K (3820 на 1080 елементів зображення). Опис процесу тренувань у вигляді субтитрів не повинен викликати подвоєння текстової інформації на відеозображеннях при стереопергляді. Процес дистанційних тренувань зберігається у відповідному стереовідеоформаті з обов'язковим позначенням, що передбачає його перегляд за допомогою сумісних у стерео-гарнітур та VR-окулярів. Проведення занять фізичного виховання при цьому дозволяє збільшити реалістичність та ефективність тренувань в дистанційному режимі на основі стереоскопічного сприйняття глибини простору, підвищити інтерес сучасного студента за рахунок більш запам'ятовуючого, цікавого та унікального контенту і сприяти зменшенню гіподинамії у здобувачів під час он-лайн навчання. Перспективою роботи є розробка методичних рекомендацій для створення відео-контенту для проведення дистанційних занять з фізичного виховання з урахуванням особливостей тренувального процесу в різних видах спорту та широке впровадження цього підходу в освітній процес. Це буде сприяти розвитку нових технологій як під час тренувань, так і фізичної реабілітації в он-лайн режимі для осіб з особливими освітніми потребами.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Семенець В., Каук В., Аврунін О. (2009). Впровадження технологій дистанційного навчання у навчальний процес // Вища школа.– № 5.– С.40-57.
2. Аврунін О. Г. Можливості 3D-контенту при фізичній реабілітації в дистанційному режимі / О. Г. Аврунін, Г. П. Грохова, О. Ю. Прісич та ін. Реабілітація та протезування/ортезування ХХІ століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності : Матеріали науково-практ. конф. з міжнародною участю. Харків: УкрНДІпротезування, 2021. – С. 143-145.
3. Тимкович М. Ю. Можливості відеотехнологій для дистанційної освіти / М. Ю. Тимкович, Я. В. Носова, О. Г. Аврунін // Інформатика, управління та штучний інтелект. Тези восьмої міжнародної науково-технічної конференції. – Харків: НТУ "ХПІ", 2021. – С. 130.

## ЕЛЕКТРОКОАГУЛЯЦІЯ ЯК ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ОЧИСТКИ РІДКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Проскура В. Л., магістр, e-mail: [proskuravlad85@gmail.com](mailto:proskuravlad85@gmail.com)

Науковий керівник д.т.н., проф. Червінський Л. С.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Електрокоагуляція - коагуляція (осідання) високодисперсних колоїдних частинок і суспензій у вигляді гідроксидів металів (алюміній, залізо), що генеруються електричним струмом за рахунок розчинення металу анода (алюмінієвого або залізного) і впливу постійного електричного струму, що викликає електролітичну дисоціацію розчинених у воді також селективна взаємодія іонів, що утворюються з утворенням і випаданням в осад у вигляді нерозчинних гелів.

Розрізняють електростатичну, електрохімічну та гальванічну коагуляцію. Електростатична коагуляція протікає за рахунок поляризації колоїдних частинок під впливом зовнішнього електричного поля і злипання диполів, що утворилися. При цьому можливе застосування як постійного поля, так і пульсуючого і знакозмінного. Для електростатичної коагуляції потрібні дуже великі напруженості електричного поля близько 10–30 кВ/м, тому цей метод у водообробці стічних вод використовується мало. Різновидом електростатичної можна вважати електроконтактну коагуляцію, що виникає при фільтруванні води в електричному полі. Електрохімічна коагуляція протікає за рахунок електролізу води та зміни значення рН та окисно-відновного потенціалу в обсязі води поблизу електродів. Електроліз проводиться з нерозчинними електродами при електричному напрузі на електродах, що перевищує потенціал розкладання води [1, 2]. Гальванічна електрокоагуляція протікає за рахунок електрохімічного розчинення у воді металевих електродів. Як матеріал електродів використовують алюміній або сталь. Механізм електрокоагуляції послідовно включає наступні стадії: електрофоретичне концентрування (спрямований рух заряджених частинок домішок і концентрування їх у поверхні електродів); розчинення електрода та утворення гідроксидів металів; поляризаційна коагуляція дисперсних частинок; упаковка первинних агрегатів у міру накопичення частинок гідроксиду; флокуляційна коагуляція; флоатація агрегатів, що утворилися бульбашками газів.

На рис.1 представлені схеми електрокоагуляційних установок, а малюнку 4 показана схема електрокоагулятора-флоатора.

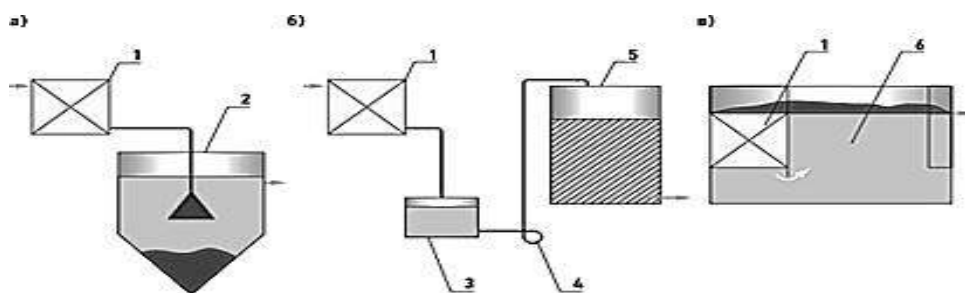


Рисунок 1 - Схеми електрокоагуляційних установок (а – з подальшим відстоюванням, б – з подальшим фільтруванням, в – з подальшою флоатацією; 1 – електродна камера, 2 – відстійник, 3 – проміжний бак, 4 – насос, 5 – фільтр, 6 – флоатаційна камера)

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Коневич М., Гудь В. Особливості стічних вод молокозаводів. Матеріали XV наукової конференції ТНТУ імені Івана Пулюя. Тернопіль, 2011. С. 309.
2. Chezeau B., Boudriche L., Vial C. and Boudjema A. Treatment of dairy wastewater by electrocoagulation process: Advantages of combined iron/aluminum electrodes (published online 15.07.2019), Separation Science and Technology. 2019.

## ЦІЛЮЩА ДІЯ ПОВІТРЯ З ЙОГО ЕЛЕКТРИЧНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

Скубій О. М., бакалавр, email: [skubiy086@gmail.com](mailto:skubiy086@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Гузенко В. В.

Державний біотехнологічний університет

Дихання – надзвичайно важливий життєвий процес. Чим чистіше повітря і чим енергійніше і повніше ми вдихаємо його, тим у кращий стан приходить наше тіло. Спроби пов'язати цілющу дію повітря з його електричними властивостями відносяться до початку 18-го століття, коли були винайдені перші прилади для отримання статичної електрики, які почали використовувати для лікування різних хвороб. Одним з активних дослідників біологічної ролі електрики у другій половині 18-го століття був французький медик і фізик П'єр Бертолон. Він стверджував, що вплив на людину електризованого повітря може бути дуже ефективним. Іонізатор – це апарат, який насичує повітря негативними іонами кисню. На сьогоднішній день відомі різні способи іонізації повітря, і відповідно іонізатори повітря класифікуються на такі групи: плазмові іонізатори, ультрафіолетові іонізатори, термічні іонізатори, коронні іонізатори, радієві іонізатори, водяні іонізатори, електроефлювіальні іонізатори [1].

Іонізація успішно використовується при лікуванні багатьох захворювань, такі як: хвороби серцево-судинної системи, гіпертонія, стенокардія, бронхопневмонія, туберкульоз легень, захворювання верхніх дихальних шляхів (риніт, фарингіт, ларингіт, трахеїт), бронхіти, захворювання нервової системи, попереково-крижовий радикуліт, виразкова хвороба шлунка та дванадцятипалої кишки, безсоння, мігрені, чутливість до кліматичним та сезонним факторам погоди, захворювання ендокринних залоз, порушення статевої функції, параметрити, ендометрити, хвороби обміну речовин, алергічні захворювання, бронхіальна астма, ревматизм, очні захворювання (кератити, блефарити, кон'юнктивіти), шкірні захворювання (фурункульоз, абсцеси, екземи), виразки, опіки, швидка стомлюваність.

Проведені довготривалі дослідження підтверджують той факт, що присутність у повітрі аероіонів прискорює загоєння ран, опіків. Іонізація повітря покращує загальне самопочуття, знижує фізичну та розумову втому, надає заспокійливу дію. Використання іонізаторів у медичних закладах та об'єктах харчової промисловості замість ультрафіолетових ламп дозволяє здійснювати безпечно знезараження та стерилізацію приміщень. Прилади забезпечують натуральне повітряне середовище, насичене негативно зарядженими аероіонами, та вільну від шкідливих мікроорганізмів, вірусів, бактерій та грибкових спор. Саме тому системи іонізації повітря знаходять дедалі ширше застосування. Повітря, в якому недостатньо легких іонів, називається деіонізованим. Воно негативно впливає на здоров'я людини: чим вище концентрація легких негативних іонів, тим чистіше повітря.

У містах, особливо великих, завжди є проблема екології: повітря забруднене, у ньому присутній пил, формальдегіди, частки чадного газу та інші шкідливі речовини. Вони є і в приміщеннях – квартирі чи офісі, де до них додається шкідливий вплив електромагнітних полів [1], випромінюваних екраном монітора або кінескопом телевізора, мікрохвильовою піччю, радіотелефоном та ін. Доведено, що іонізатор повітря здатний постійно підтримувати здорову атмосферу для існування людини, виконуючи такі задачі: насичує повітряне середовище негативно зарядженими іонами повітря, максимально наближаючи його до природних параметрів у лісовій смузі, біля морського узбережжя; знищує вірусні та інші небезпечні мікроорганізми, алергени; розкладає шкідливі газові сполуки на нешкідливі хімічні елементи.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Понеділок Г. В., Данилов А. Б. Електрика та магнетизм. Львів. Видавництво національного університету «Львівська політехніка», 2010. 251 с.

МЕТОДИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ДОПОВНЕНОЇ РЕАЛЬНОСТІ  
ДЛЯ НАВІГАЦІЇ НЕЗРЯЧИХ ЛЮДЕЙСоколов А. А., аспірант, e-mail: [andrii.sokolov@nure.ua](mailto:andrii.sokolov@nure.ua)

Науковий керівник д.т.н., проф. Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Найбільш цікава технологія із точки зору створення навігаційного помічника для незрячих – це доповнена реальність. Вона дозволяє поєднувати інформацію з реального світу та оброблену комп'ютером[2]. При розробці навігаційної системи-помічника, дуже перспективною виглядає можливість отримувати мапу глибини зображення зі смартфона. В подальшому, визначивши відстань з мапи глибини та поєднавши з можливостями штучного інтелекту для детектування об'єктів, можливо створити портативну систему помічника.

Взаємодію користувача та системи доцільно засновувати на основі тактильного зворотного зв'язку, адже втрачаючи зір, людина починає більше орієнтуватися на слух, і інформування у аудіо форматі може викликати недовіру користувачів.

На сьогодні, існує декілька основних фреймворків, які дозволяють інтегрувати можливості AR в додаток. Це ARCore від Google і ARKit від Apple.

Найцікавішими особливостями ARCore в контексті розробки портативних засобів навігації для незрячих є внутрішня реалізація алгоритмів SLAM, що дозволяє отримати карту глибини та геопросторової навігації, що дозволяє використовувати прив'язки з Google Map[1].

Ми провели декілька експериментів із використанням застосунка з ARCore SDK 1.41, в яких ми вимірювали відстань до різних перешкод на вулиці. Ми визначали максимальну відстань на якій об'єкт потрапляє у кадр з визначеною глибиною. Експеримент проводився при денному освітленні у погоду з хмарністю в 4-5 бали за десяти бальною шкалою. Приклад отриманих кадрів, рис. 1.

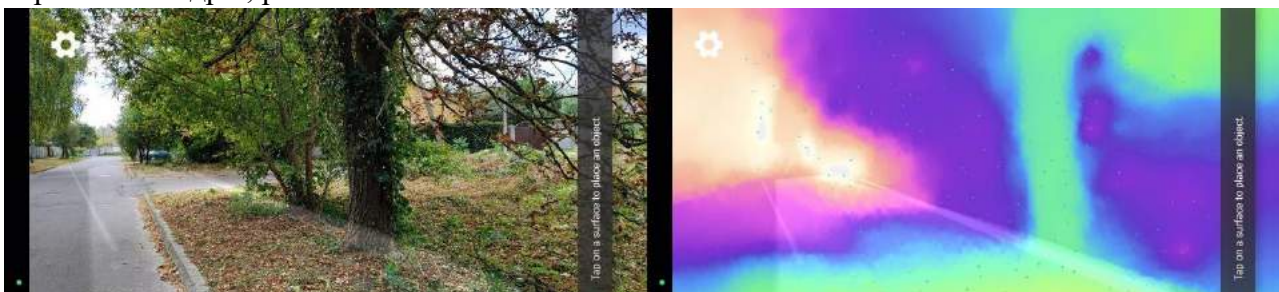


Рисунок 1 – Приклад отриманих мап глибини з 16-бітною глибиною

Експерименти підтверджують можливість використання технологій доповненої реальності для створення навігаційних систем-помічників з ефективним радіусом не менше шести метрів[2]. В комбінації з використанням тростини, цього достатньо для повсякденної навігації та підвищення мобільності незрячих людей.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. May 2022 (ARCore SDK version 1.31) changes to Depth | Google for Developers. Google for Developers. URL: <https://developers.google.com/ar/develop/depth/changes> (date of access: 05.03.2024).
2. Sokolov A. A., Avrunin O. G. Prospects of using augmented reality technologies in the development of navigation tools for the blind. Optoelectronic Information-Power Technologies. 2023. Vol. 46, no. 2. P. 55–63. URL: <https://doi.org/10.31649/1681-7893-2023-46-2-55-63> (date of access: 06.03.2024).



ІННОВАЦІЙНІ ПЕРСПЕКТИВИ: БІОЧОРНИЛА ТА 4D ДРУК  
У БІОМЕДИЧНІЙ ІНЖЕНЕРІЇСокольцов А. О., аспірант, e-mail: [andrii.sokoltsov@nure.ua](mailto:andrii.sokoltsov@nure.ua)

Науковий керівник д.т.н., проф. Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Зростаючий інтерес до 3D-друку в медицині підтверджується тим, що з 1 липня 2019 року Американським коледжем радіології та Спілкою радіологічного товариства Північної Америки був затверджений Кодекс поточної процедурної термінології Американського медичного товариства, що містить розділ, присвячений 3D-друку. На сьогоднішній день більшість біомедичних структур, надрукованих на 3D-принтері в основному статичні. Для адекватного вирішення динамічного процесу загоєння та регенерації тканин людини 4D-друк стає важливою розробкою, в якій «час» включено до традиційної концепції 3D-друку як четвертий вимір. У методі 4D-друку замість звичайних матеріалів використовують інтелектуальні матеріали, що реагують на стимули (температура, вологість або світло). В результаті формуються конструкції, що самоорганізуються і саморегулюються, здатні змінювати свою форму під впливом зовнішніх подразників [1]. Основою 4D-друку є біочорнила, біосумісні матеріали, які є основою для зростання та диференціювання клітин з метою формування функціональних тканин, що не лише створюють каркас, а також відповідають на біостимули та здатні змінюватися в умовах розвитку організму. Біочорнила для 3D-друку в медицині часто ґрунтуються на гідрогелях, які є високогідратованими полімерними ланцюжками імітують нативний позаклітинний матрикс. Однак, лише використання гідрогелів може ускладнити створення великих тканинних структур з будь-якою формою через обмежену структурну цілісність і складнощі друку. Інші методи використовують гібридні каркаси з різних матеріалів, такі як полімолочна гліколева кислота, полімолочна кислота або полікапролактон. Ці каркаси можуть мати хондро- або остеокондуктивні властивості, використовуючи наприклад колаген та гіалуронову кислоту. Гідрогелі досліджувалися широко в регенеративній медицині через їхню подібність до позаклітинного матриксу і високу проникність для поживних речовин. Також, завдяки своїй пористій будові, вони дозволяють клітинам мігрувати та проліферувати у тривимірному режимі. Природні полімери, такі як желатин, альгінат, колаген, гіалуронова кислота, фібрин та целюлоза, біосумісні, але мають варіабельність та потенційну імуногенність. Синтетичні гідрогелі, такі як поліетиленгліколь і плуронік, широко використовуються, оскільки мають більш відтворювані властивості, але можуть бути адаптовані до потреб за допомогою молекулярної маси, міцності та інших характеристик. Найпоширенішими методами 3D-друку в медицині є мікроекструзія, краплинний та лазерний 3D-друк, кожен з яких має свої переваги та недоліки, такі як в'язкість біочорнил, роздільна здатність та швидкість друку [2,3].

Основні виклики та можливості розвитку в галузі біодруку включають відсутність біочорнил з необхідними властивостями для підтримки клітинної проліферації та диференціації, складність створення функціональних структур, схожих на нативні тканини. Розв'язання цих проблем потребує мультидисциплінарного підходу, що сприятиме досягненню значного прогресу в методах 3D-біодруку та подальшому розвитку.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Lui YS et al. 4D printing and stimuli-responsive materials in biomedical aspects. *Acta Biomater.* 2019 Jul 1;92:19-36. doi: 10.1016/j.actbio.2019.05.005. Epub 2019 May 6. PMID: 31071476.
2. Gryshkov O.P. Experience of development and use of specialized software intended for automated analysis of alginate structures / O. P. Gryshkov, M. Y. Tymkovych, O. G. Avrunin, Brigit Glasmacher // *Матеріали 23 Міжнародного молодіжного форуму*. Т. 1. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – С. 128-129.
3. Riccardo Gottardi. (2020) Advances in bioprinting: a toolbox for tissue engineering. *Connective Tissue Research* 61:2, P. 115-116.



Стандартні методики лазерних втручань на очному дні виконуються за допомогою твердотільного Nd-YAG с подвоєною частотою (з довжиною хвилі випромінювання 532 нм, зеленої частини спектра), аргонного (з довжиною хвилі випромінювання 488 нм або 514 нм, зеленої або синьо-зеленої частини спектра) або діодного (з довжиною хвилі випромінювання 810 нм, інфрачервоної частини спектра) лазерів.

Вивчаються субпорогові впливи в мілі- та мікроімпульсному режимах з використанням лазерів з довжиною хвилі 532 нм, 577 нм, 810 нм. Існують різні точки зору щодо особливостей застосування цієї технології, а також різноманітні підходи до підбору індивідуальних параметрів потужності лазерного випроміння [1].

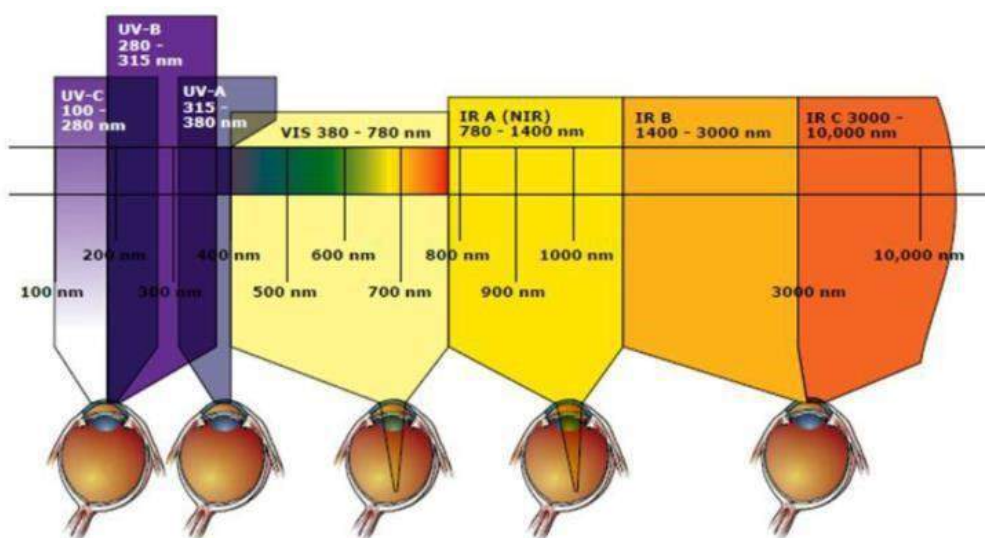


Рисунок 1 – Проникнення випромінювання з різними довжинами хвиль в око людини [1]

Згідно результатів досліджень описаних в роботі [2], встановлено, що для проведення лазерної дистанційної анемізації зони планованого розрізу оптимальним є режим роботи Nd-YAG-лазера з довжиною хвилі 1,44 мкм із частотою 5 Гц і енергією 100 мДж. Для досягнення дистанційного гемостазу можна рекомендувати кілька варіантів параметрів енергії:

- при частоті імпульсів 5 Гц - енергія в імпульсі від 150 до 200 мДж;
- при частоті імпульсів 10 і 15 Гц - енергія від 100 до 150 мДж;
- при частоті імпульсів 25 Гц - енергія не більше 100 мДж.

Перевагою застосування такого лазерного джерела для зупинки кровотечі епісклеральних і кон'юнктивальних судин ока є те, що не залишається рубця, а також можлива реканалізація окремих судин [2].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алюмо-ітрієвий лазер з легуванням неодимом [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/234103/>.
2. Судинні захворювання сітківки [Електронний ресурс] [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://spbpmc.ru/science/publications/sosudistye-zabolevaniya-setchatki/>.

Променева терапія є однією з найбільш часто застосовуваних технологій лікування раку у ветеринарній онкології. У цій галузі є два великих класи задач. Перший – експериментальні дослідження ефектів променевої терапії із залученням лабораторних тварин, на яких моделюють злякисні новоутворення. Дрібні лабораторні тварини-пухлиноносії (щури, миші) найбільш широко використовуються в експериментальній онкології та радіології. Другий клас задач – безпосереднє лікування тварин із набутими за життя онкологічними захворюваннями. З огляду на велике розмаїття методів та апаратів променевої терапії, які знаходяться у постійному оновленні, виникає необхідність адаптації можливостей сучасного радіотерапевтичного обладнання до задач опромінення тварин.

Відомо, що променева терапія самостійно або у комбінації з іншими методами застосовується після операції для знищення пухлинних клітин у межах ложа видаленої пухлини. У деяких випадках променева терапія може застосовуватися перед хірургічним втручанням або хіміотерапією, щоб за можливості зменшити об'єм пухлини до операції [1].

Сучасна променева терапія базується, як правило, на комп'ютерній томографічній візуалізації з подальшим плануванням розподілу дози в пухлині. Опромінення реалізується у вигляді променевої терапії з модульованою інтенсивністю (IMRT), яка дозволяє зконцентрувати максимальну дозу опромінення в об'ємі пухлини, чим мінімізується ураження навколишніх здорових тканин та органів ризику і зменшуються променеві реакції. Променева терапія з наведенням зображення (IGRT) може бути успішно використана для опромінення рухомих мішеней. Застосовуються також технології об'ємно-модульованої променевої терапії (VMAT). Поки що традиційна фракціонована променева терапія залишається найбільш поширеним типом опромінення у ветеринарії.

Сучасні методи променевої терапії невеликих тварин, які використовують IGRT, змінну колімацію та численні кути подачі променя, забезпечують кращий розподіл дози на пухлини невеликих тварин порівняно зі звичайним лікуванням із використанням однопільного опромінювача [2]. Однак для глибоко розташованих пухлин конформна променева терапія з більшою енергією може призвести до більш високих доз у критичних органах порівняно з конформною рентгенотерапією з меншою енергією. Тому слід розробити оптимізацію планування опромінення дрібних тварин, щоб повністю використати переваги нових конформних систем. При променевому лікуванні більших тварин гіпофракціонована VMAT є більш швидким і ефективним терапевтичним варіантом [3]. Хороші клінічні результати рекомендують VMAT як життєздатну та безпечну альтернативу іншим стандартним підходам, проте доведення переваг застосування цієї технології потребуватиме значно більшої кількості експериментальних досліджень.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. LaRue SM, Custis JT. Advances in veterinary radiation therapy: targeting tumors and improving patient comfort. *Vet Clin North Am Small Anim Pract.* 2014 Sep;44(5):909-23. doi: 10.1016/j.cvs.2014.05.010. PMID: 25174907.
2. Bazalova M, Nelson G, Noll JM, Graves EE. Modality comparison for small animal radiotherapy: a simulation study. *Med Phys.* 2014 Jan;41(1):011710. doi: 10.1118/1.4842415. PMID: 24387502; PMCID: PMC3888460.
3. Dolera M, Malfassi L, Carrara N, Finesso S, Marcarini S, Mazza G, Pavesi S, Sala M, Urso G. Volumetric Modulated Arc (Radio) Therapy in Pets Treatment: The "La Cittadina Fondazione" Experience. *Cancers (Basel).* 2018 Jan 24;10(2):30. doi: 10.3390/cancers10020030. PMID: 29364837; PMCID: PMC5836062.

## КІЛЬКІСНА ОЦІНКА КТ-ПАРАМЕТРІВ ТІЛА ХРЕБЦЯ СОБАКИ

Філімонов С. О., аспірант, e-mail: [serhii.filimonov@nure.ua](mailto:serhii.filimonov@nure.ua)

Науковий керівник доц. Авер'янова Л. О.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Вікові зміни кісткових структур, які супроводжуються втратою мінеральної щільності кісткової тканини хребців (МЩКТ), спричиняють тяжкі патологічні ушкодження хребта, які нині стали глобальною проблемою охорони здоров'я. Рання діагностика та превентивна терапія втрати кісткової маси базується на дослідженні патофізіологічних моделей цього процесу, для яких найбільш інформативним методом нині є комп'ютерна томографія (КТ). Експериментальні КТ-дослідження стану кісток є одним з провідних методів у ветеринарній радіології [1]. Зміни МЩКТ можуть різні патологічні процеси у хребті. У [2] досліджувались КТ-зображення хребців собак-боксерів з ознаками ідіопатичного скелетного гіперостозу, який вважається моделлю цього захворювання у людей. Визначено методику оцінки КТ-параметрів трабекулярних структур тіла хребця по трьох аксіальних КТ-зрізах (лінії А, В, С на рис. 1а). Значення чисел Хаунсфілда змінювалось від 347 у центрі до 372...376 ближче до замикаючої пластинки. КТ-дослідження [3] також проводилося на собаках у віці від 2 до 10 років. Значення КТ-чисел для нормальної трабекулярної кістки хребця становило 304...357 HU (рис. 1б). Ці два приклади дають схожі усереднені значення HU для трабекулярної кісткової тканини хребців собак. Проте загалом дані про визначення КТ-чисел для кісток тварин є фрагментарними і вкрай несистематизованими.

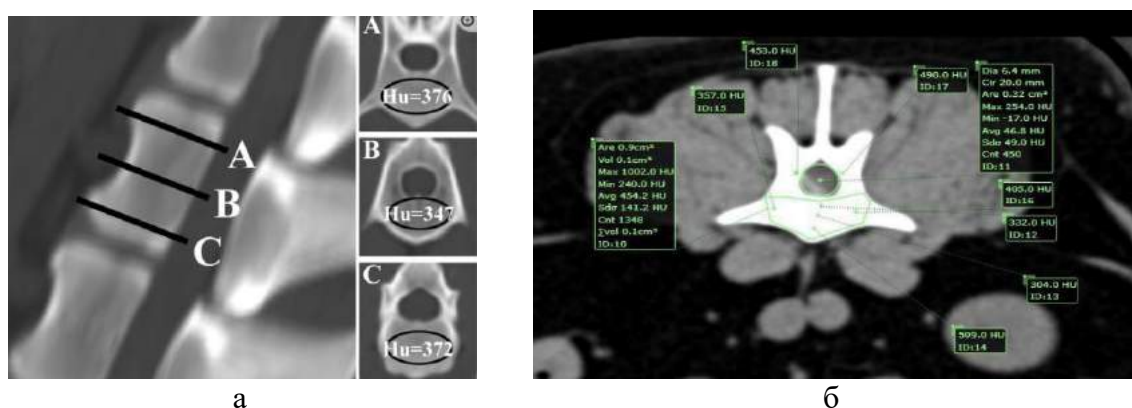


Рисунок 1 – Визначення чисел Хаунсфілда для трабекулярних структур тіла хребця собаки на сагітальному (а, [2]) та аксіальному (б, [3]) КТ-зрізах

Вочевидь, необхідні подальші експериментальні дослідження, щоб створити карти КТ-чисел для скелету різних тварин і визначити, чи можна екстраполювати цю інформацію на людей при вивченні патофізіології втрати трабекулярної кістки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Solís-Chávez SA, Castillo-Rivera MA, Arteaga-Silva M, et al. Computed tomography is a feasible method for quantifying bone density in *Macaca mulatta*. *Vet Radiol Ultrasound*. 2018; 59: 545–550. <https://doi.org/10.1111/vru.12624>
2. De Decker S, Lam R, Packer RM, Gielen IM, Volk HA. Thoracic and lumbar vertebral bone mineral density changes in a natural occurring dog model of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis. *PLoS One*. 2015 Apr 21;10(4):e0124166. doi: 10.1371/journal.pone.0124166.
3. Purdoiu Robert Cristian, Cristian Paul Popovici, Florin Beteg, Mădălina Dragomir, Răzvan Codea, Elena Gavrilas, Radu Lăcătuș. 2019. “CT evaluation of HU bone density of the vertebrae in dogs with spine compression”. *Lucrări Științifice USAMV - Iași Seria Medicină Veterinară* 62(1): 86-89. <https://repository.uaiasi.ro/xmlui/handle/20.500.12811/688>

## УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД РОЗ'ЄДНАННЯ БІОЛОГІЧНИХ ТКАНИН

Хіміч В. Г., магістр, e-mail: [vmDubick@gmail.com](mailto:vmDubick@gmail.com)

Науковий керівник к.т.н., доц. Дубік В. М.

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

Ультразвуковий метод роз'єднання біологічних тканин проводиться гармонійним скальпелем, принцип дії якого полягає у трансформації електричної енергії, що надходить з генератора, в ультразвукову механічну завдяки п'єзокерамічним елементам, які знаходяться в рукояті апарату. Високочастотні механічні коливання передаються на лезо насадки, внаслідок чого наконечник рухається в поздовжньому напрямку (Рисунок 1).

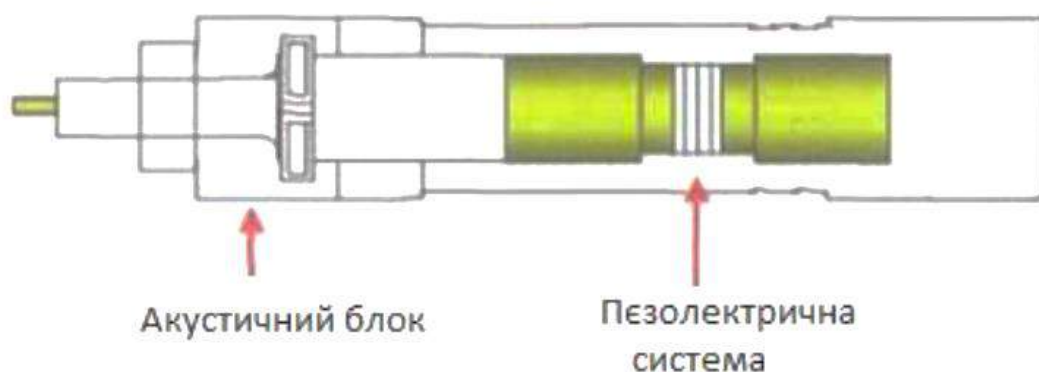


Рисунок 1 – Ультразвуковий гармонійний скальпель[1]

Частота коливань постійна 55,5 кГц, амплітуда руху леза від 50 до 100 нм. Потужність роботи пристрою залежить від амплітуди леза, його геометрії (гостроти), щільності тканини і ступені тиску на тканину. При цьому температура, яка виникає при взаємодії леза з біологічною тканиною може досягати 100°C. Коагуляція і закупорювання судин дрібного калібру відбувається при температурі від 50°C, більш великих – до 100°C, але не перебиває судини більше 2 мм.

Ультразвукова дія зменшує степінь обуглення і висушування тканин, але не може забезпечити відсутність травматизму. Збільшення часу впливу і температури приводить до термічного пошкодження: глибина коагуляційного некрозу -  $2,5 \pm 0,5$  мм.[2]

До переваг застосування ультразвукового скальпеля відносяться різке зниження інтенсивності та тривалості болювого синдрому, зменшення крововтрати аж до її відсутності, скорочення термінів післяопераційного реабілітаційного періоду до 13-14 днів, відсутність гнійно-септичних ускладнень. [3]

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Лебедев А.В, Хойдра К.Ю. Порівняння існуючих методів роз'єднання біологічних тканин // Биомедицинская инженерия и электроника. – 2016.
2. Інструменти для роз'єднання тканин [Електронний ресурс] / © Copyright 2010 – Режим доступу до ресурсу: <http://bone-surgery.ru/list/269/>.
3. Зварювання живих тканин [Електронний ресурс] / НТК «ІЭС ім. Е.О. Патона» 2013- 2014 – Режим доступу: <http://stc-paton.com/rus/equipment/tissues04/>

СУЧАСНІ МЕТОДИ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЙ  
ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Шаповалов Д. О., Головінов О. О., бакалаври, e-mail: [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Науковий керівник к.т.н., доц. Ляшенко Г. А.

Державний біотехнологічний університет

Найпоширенішими та найнебезпечнішими шкідниками зерна та зернової продукції в Україні є комірний і рисовий довгоносики, великий і малий хрущаки, гороховий і квасолевий зерноїд, зерновий точильник, рудий коротковусий і суринамський борошноїд, зернова міль, млинова та південна комірна вогнівки, борошняний кліщ, хатня миша, сірий та чорний пацюки.

Більшість методів радіаційної обробки мають значний вплив на інактивацію грибків і подальше зниження вмісту мікотоксинів. Водночас, ефективність знезараження залежить від грибків і мікотоксинів, дози опромінення та характеристик харчових продуктів. Однак, найбільш ефективно знезараження показали ультрафіолетове опромінення та електромагнітне випромінювання. Важливими є дослідження для оцінки ефективності знезараження рентгенівськими променями та видимим світлом. Поєднання профілактичних методів з методами знезараження може призвести до подальшого зниження ризику зараження мікотоксинами [1].

Радіаційні технології широко досліджуються для знезараження та інактивації грибів і мікотоксинів у різних продуктах. В останні роки електромагнітне випромінювання, таке як рентгенівське випромінювання, НВЧ та УФ, стало потужним методом усунення мікробного навантаження та деградації мікотоксинів у харчових продуктах (Deng et al., 2020; Mir et al., 2021). Однак знезараженню грибів та мікотоксинів за допомогою електромагнітних випромінювань на сьогоднішній день приділяється недостатньо уваги. Тому питання щодо дослідження різних електромагнітних випромінювань щодо знезараження грибів та мікотоксинів у харчових продуктах є актуальним.

Велика увага приділяється питанням безпеки електромагнітного випромінювання.

Електромагнітні випромінювання складаються з іонізуючих та неіонізуючих випромінювань. Різниця в довжині хвилі/частоті розрізняє типи і властивості випромінювання. Серед них рентгенівські промені,  $\gamma$ -промені та ультрафіолет, які стосуються питань здоров'я людини (FAI 2005). Опромінення зернових культур визнано безпечною та ефективною технологією.

Агропродовольча промисловість стикається з проблемами у виробництві продуктів харчування, вільних від мікотоксинів, на основі сучасних світових сільськогосподарських практик і технологій переробки зернової продукції. У цих тезах розглядається ефективність електромагнітного випромінювання для знезараження грибків і мікотоксинів у зерновій масі. Кілька нових технологій, таких як ультрафіолетове, гамма-опромінення, електронний пучок, мікрохвильове, інфрачервоне та радіочастотне випромінювання, були широко вивчені для інактивації *Aspergillus*, *Claviceps*, *Alternaria*.

Питання знезараження зерна за допомогою електромагнітного опромінення розглядається також в подальших дослідженнях.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Plachikkattu Parambil Akhila. Application of electromagnetic radiations for decontamination of fungi and mycotoxins in food products: A comprehensive review / Trends in Food Science & Technology. Volume 114, August 2021, P. 399-409.



## МОЖЛИВОСТІ МЕТОДУ НАЗАЛЬНОЇ СПІРОМЕТРІЇ

Ібрагім Юнусс Абделхамід, аспірант, e-mail: [ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua](mailto:ibrahim.younouss.abdelhamid@nure.ua)

Науковий керівник д.т.н., проф. Аврунін О. Г.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Визначення порушень носового дихання на доказовому рівні виконується за допомогою метода риноманометрії, що дозволяє отримати дані, які стосуються коефіцієнту аеродинамічного назального опору на основі виміру перепаду тиску та витрати повітря під час дихання [1]. Даний метод не достатньо розповсюджений в клінічній ринології за рахунок відносно малої кількості наявних серійних риноманометрів та взагалі достатньо вузької номенклатури таких пристроїв [2]. Крім того, метод потребує окремої спеціалізованої підготовки медичних фахівців, або наявності біомедичних інженерів для безпосереднього обслуговування обладнання. Риноманометрія (мається на увазі сучасна активна передня, або задня) має також специфічні методичні особливості проведення та проблеми з повторювальністю даних, що веде до складностей до інтерпретації результатів обстежень, зокрема при форсованому диханні [3]. Тому, доцільним є використання методів, які дозволяють тестування показників носового дихання за спрощеними підходами до вимірювання та аналізу.

Одним з таких методів є назальна спірометрія [1]. Цей метод дозволяє визначення швидкість повітряного потоку при диханні. Для цього використовуються перетворюючі швидкості повітря, які засновані на роторному принципі (крильчатка), або на термоелектричному ефекті [1]. За вимірювальним показником швидкості повітря можливо визначити об'ємну витрату повітря, використовуючи або зовнішні виміри присінки носа, або дані комп'ютерної томографії для розрахунку площі повітряного каналу. При цьому можна зауважити, що на відміну від риноманометрії, виконується лише отримання одного з показників назальної провідності – швидкості повітря. Але, навіть за допомогою цього показника можливо швидко інструментальне доказове визначення потенційної характеристики спроможності носового каналу на пропусканні повітря та отримати дані щодо відповідних порушень носового дихання. Вимірювання можуть виконуватись як в інспіраторної, так і експіраторної фазах дихання а також як для обох, так і для окремих половин носової порожнини. Для визначення коефіцієнта аеродинамічного носового опору необхідно задатися значенням перепаду тиску між зовнішнім простором та носоглоткою за фізіологічними показниками, які враховують вікові, статеві та фізичні властивості пацієнтів а також режими дихання.

Таким чином, за рахунок спрощеного методу тестування носового дихання – назальної спірометрії, можливо отримання характеристик, які теж характеризують порушення назальної повітряної провідності, що може використовуватись для скринінгу та телемедичних застосувань.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Основи реєстрації та аналізу біосигналів. Навчальний посібник / О. Г. Аврунін, В. В. Семенець, В. Г. Абакумов, З. Ю. Готра, С. М. Злепко, А. В. Кіпенський, С. В. Павлов. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 400 с. doi:10.30837/978-966-659-257-9
2. Avrunin O. Extended of Diagnostic Capabilities for the Rhinomanometry Method / O. Avrunin, N. Shuslyapina, J. Ivanchenko // Chapter 5.1 (315-321 p.) in Spatial aspects of socioeconomic systems' development: the economy, education and health care. Monograph. Opole: The Academy of Management and Administration in Opole. – Publishing House WSZiA, 2015. – 380 p.
3. Аврунін О. Г. Особливості дослідження носового дихання при фізичних навантаженнях / О. Г. Аврунін, Я. В. Носова, С. А. Худаева. // Тези доповіді 5-й всеукраїнської науково-практичної конференції «Здоров'я нації та вдосконалення фізкультурно-спортивної освіти в Україні». – 2018. – С. 117–119.

ПЕРЕВАГИ 3D ДРУКУ В БІОМЕДИЦИНІ  
Юрковець Р. О., e-mail: [roma.ipal23@gmail.com](mailto:roma.ipal23@gmail.com)  
Науковий керівник к.т.н., доц. Чорна М. О.  
Державний біотехнологічний університет

На сьогоднішній час гостро постає проблема в протезуванні, а традиційні методики потребують багато часу на виготовлення, є витратними та не завжди відповідають індивідуальним потребам пацієнтів. Тому пропонуються інноваційні методи, серед яких відіграє важливу роль 3D друк. Таким чином, цей метод є перспективним і економічним рішенням у сфері біомедицини. Він відкриває безліч переваг, що революціонізують підхід до виготовлення протезів та імплантатів, забезпечуючи оптимальну індивідуальну адаптацію та швидкий доступ до необхідних засобів реабілітації. У даному варіанті ми розглянемо ключові переваги 3D друку в біомедицині, що робить його незамінним інструментом у вдосконаленні та удосконаленні медичного ландшафту.

**Створення індивідуалізованих протезів:** Завдяки 3D друку можна створювати протези, які ідеально підходять до конкретної анатомії пацієнта, забезпечуючи кращу функціональність та комфорт.

**Швидке виробництво та налаштування:** Використання 3D друку дозволяє швидко виготовляти протези, що особливо важливо в ситуаціях термінової потреби або для дітей, які швидко ростуть.

**Економічна доступність:** Технологія 3D друку дозволяє створювати протези за значно менші витрати порівняно з традиційними методами виробництва, зменшуючи вартість для пацієнтів.

**Можливість створення складних геометричних форм:** Завдяки 3D друку можна виготовляти протези з складною геометрією, що може бути важко або неможливо досягти за допомогою традиційних методів.

**Інноваційні матеріали:** Використання різних матеріалів у 3D друці дозволяє створювати протези з оптимальними характеристиками, такими як міцність, гнучкість та біосумісність.

**Можливість виготовлення тимчасових протезів:** 3D друк дозволяє швидко виготовляти тимчасові протези для пацієнтів, які чекають на індивідуалізовані або більш складні рішення.

**Підвищення якості життя пацієнтів:** Індивідуалізовані та комфортні протези, створені за допомогою 3D друку, допомагають пацієнтам відновити функції та повернутися до активного способу життя.

Можна визначити, що 3D друк у біомедицині виявляється не лише як сучасна технологія, але й як перспективний інструмент, що значно спрощує та поліпшує процес протезування та реабілітації. Його переваги включають індивідуалізований підхід, швидкість виготовлення, економічність та можливість створення складних та точних деталей. Таким чином, використання 3D друку у біомедицині є не лише доцільним, але й необхідним кроком у напрямку подолання викликів, пов'язаних з медичними потребами сьогодення.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко В. Г. 3D-друк в медицині / В. Г. Бондаренко, Д. К. Григорюк // Стан, досягнення і перспективи інформаційних систем і технологій : матеріали XX Всеукр. наук.-техн. конф. молодих вчених, аспірантів та студентів, Одеса, 21-22 квіт. 2020 р. / Одес. нац. акад. харч. технологій, ННІ комп'ютер. систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П. М. Платонова, Фак. комп'ютер. інженерії, програмування та кіберзахисту ; орг. ком.: Б. В. Єгоров (голова) та ін. – Одеса : ОНАХТ, 2020. – Ч. II. – С. 21–23. – Бібліогр.: 2 назв.

СИСТЕМА КОМПЛЕКСНИХ ЗАСОБІВ ФІЗИЧНОЇ  
РЕАБІЛІТАЦІЇ ХВОРИХ ПІСЛЯ ІШЕМІЧНОГО ІНСУЛЬТУ

Яценко К. Ю. магістр, e-mail: [kateryna.buhai@nure.ua](mailto:kateryna.buhai@nure.ua)

Науковий керівник к.т.н. доц. Селіванова К. Г.

Харківській національній університет радіоелектроніки

Згідно за статистикою в Україні, цереброваскулярні захворювання є другою найчастішою причиною смертності, на їхню частину припадає близько 14% померлих. Щорічно фіксують 100-110 тисяч випадків інсультів, понад 30% з яких вражають людей працездатного віку. Від 30 до 40% хворих помирають упродовж місяця після інсульту, до 50% – протягом року. Частина людей, що стають залежними від сторонньої допомоги після інсульту становить 20-40%, повністю відновлюються до рівня повноцінного життя до захворювання лише близько 10% хворих. У хворих з ішемічним інсультом зазвичай виявляють загальне судинне захворювання: атеросклероз, артеріальну гіпертензію, захворювання серця (ішемічну хворобу серця, ревматичний порок, порушення серцевого ритму), цукровий діабет та інші форми патології з ураженням судин.

Одною з головних умов для побудови індивідуальної програми відновлення порушених функцій є: оцінка ступеня пошкодження (захворювання); порушення рухової функції; оцінка можливих соціальних наслідків ураження нервової системи пацієнта [1].

Для ефективної реабілітації після ішемічного інсульту було розроблено програму комплексних заходів, які впровадженні поетапно за трьома руховими режимами: щадний, щадно-тренувальний та тренувальний, що по чергово змінювалися упродовж етапу відновлення. Підбір вправ, форм, методів та засобів фізичної терапії здійснюється відповідно ППР затверджений мультидисциплінарною командою [2]. У програмі використовувались медичні технічні прилади:

- МОТОmed loop (з приладом для електростимуляції РехаМув 2);
- вібраційний тренажер Galileo Med S;
- апарат для реабілітації руки;
- столик для розробки рук та дрібної моторики пальців ТВО (з навантаженням).

Обрані тренажери мають декілька режимів роботи, що дозволяє їх використовувати на різних режимах рухової активності.

Таким чином, фізичні вправи і рання мобілізація - ефективна профілактика контрактур, пролежнів, застійних явищ у легенях, розвитку спастичності м'язів, що є характерним для осіб, які перенесли мозковий інсульт. Рання і адекватна рухова активність допомагає відновити втрачені функції, зменшує руховий дефект і покращує загальний фізичний та психо-емоційний стан пацієнта [1, 2].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Селіванова К. Г. Оцінка ступеню рухових порушень кистей рук під час проведення заходів фізичної реабілітації / К. Г. Селіванова // Поліграфічні, мультимедійні та web-технології: тези доп. VIII Міжнар. наук.-техн. конф. (16-20 травня 2023, м. Харків) / редкол.: І. Б. Чеботарьова, О. В. Вовк, Ж. В. Дейнеко. Харків: ТОВ «Друкарня Мадрид», 2023. Т1. 270 с. – С. 114-115.
2. Селіванова К. Г. Використання можливостей інтелектуальної роботи для прискорення процесу фізичної реабілітації рук / К. Г. Селіванова, О. Г. Аврунін // Сучасний стан та перспективи біомедичної інженерії : матеріали Міжнар. наук.-прак. конф., присвяченої 125-річному ювілею Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 13-14 грудня 2023 р. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – С. 196-198.

## СЕКЦІЯ 5. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО- І ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

УДК 338.432:620.925

ПЕРЕРОБКА ВІДХОДІВ З МЕТОЮ ОТРИМАННЯ БІОГАЗУ

Басов Ю. Е., магістр, e-mail: [Yurii.Basov@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Yurii.Basov@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Кунденко М. П.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Біогаз – горючий газ, що утворюється під час процесів розщеплення органічних відходів у безкисневому просторі, і складається в основному з метану (55-75%) та двоокису вуглецю (25-45%) та незначної кількості супутніх газів (менше 1%). В якості сировини для біогазового виробництва використовуються як органічні агропромислові відходи тваринного походження й побутові відходи, так і рослинні рештки й енергетичні культури – силос кукурудзи, трав'яний силос, солома зернових, некондинційне зерно тощо. Кількість типів субстратів, що можуть бути утилізовані в одній біогазовій станції може варіюватись від одного до понад десяти.

Технологічні аспекти переробки відходів: процес переробки органічних відходів у біогаз є складним технологічним процесом, що включає в себе кілька етапів. Відбувається ферментація відходів у спеціальних реакторах, під впливом якої відбувається розклад органічних речовин з виходом біогазу. Важливо вивчити оптимальні умови та параметри для максимального видобутку біогазу з різних типів відходів. Дослідження технологічних аспектів переробки дозволить покращити ефективність виробництва біогазу та знизити витрати на цей процес. Інноваційні методи та технології можуть відкрити нові можливості для ефективної переробки різноманітних видів органічних відходів. Енергетичний потенціал біогазу: Біогаз, який отримують в результаті переробки органічних відходів, має значний енергетичний потенціал. Використання біогазу у виробництві енергії дозволяє зменшити залежність від традиційних джерел енергії та відходів від них.

Ефективне використання біогазу може сприяти зменшенню викидів парникових газів та забруднення довкілля. Важливо провести дослідження для визначення оптимальних способів використання біогазу у різних сферах діяльності. Розвиток інфраструктури для використання біогазу у сільському господарстві, промисловості та кому-нальному секторі може стати перспективним напрямком розвитку енергетики.

Економічні та екологічні перспективи: використання біогазу як альтернативного джерела енергії може мати значний економічний вигравш. Вартість виробництва біогазу може бути конкурентоспроможною порівняно з традиційними джерелами енергії у деяких регіонах. Розробка ефективних бізнес-моделей та фінансових механізмів може стимулювати інвестиції у сектор біогазу. Аналіз ринкових умов та потенційного попиту на біогаз допоможе визначити можливості його впровадження у різних сферах економіки. Використання біогазу дозволяє зменшити викиди парникових газів та інших шкідливих речовин у атмосферу. Переробка відходів у біогаз також допомагає у зменшенні обсягів сміття та його впливу на довкілля. Біогаз може бути використаний для очищення води та ґрунту від забруднювачів у процесі біологічної очистки. Важливо провести екологічні оцінки впливу переробки відходів на навколишнє середовище та природні ресурси. Запровадження технологій біогазового виробництва може сприяти збереженню біорізноманіття та здоров'я населення через зменшення забруднення довкілля.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 2. С. 34-41.
2. Коробко, О. М., Богач, В. В., & Іващенко, В. І. (2018). Використання біогазу в агропромисловому виробництві. Сільське господарство і лісівництво, 8, 43-48.

## БІОГАЗ ЯК ПАЛИВО ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВОК

Бородай М. О., бакалавр, e-mail: [Maksym.Borodai@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Maksym.Borodai@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник ст. викл. Шинкаренко І. М.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

В умовах складного економічного стану, в якому опинилась Україна, вирішення проблем енергозабезпечення та економії енергоресурсів приймає все більше значення. Різке подорожчання і дефіцит органічних видів палива обумовив необхідність розробки нових методів та засобів, що спрямовані на раціональне споживання енергоносіїв, зокрема природного газу. У світі за останні десятиріччя зростає інтерес до використання альтернативних видів палива, до яких відноситься також біогаз. Україна має значні перспективи для розвитку біоенергетики. Це пов'язано насамперед з наявністю досить великого потенціалу біомаси, доступної для виробництва теплової та електричної енергії. Значна кількість енергії в Україні може бути отримана за рахунок використання біогазу.

Тому варто розглянути можливість використання цього виду альтернативного палива в промислових теплотехнологічних установках, в яких буде здійснюватися спалювання біогазу в суміші його з природним газом. Використання біогазу як палива буде сприяти скороченню обсягів біологічних відходів і зменшенню використання вуглеводневого палива, що має високий ступінь забруднення атмосфери.

Значні резерви зменшення витрат природного газу мають промислові підприємства України при виробництві металу, скла, цементу, будівельних матеріалів, машинобудування, де широко використовуються різні типи високотемпературних технологічних агрегатів. З огляду на їх значну розмаїтість за призначенням, конструктивним рішенням і режимним параметрам, тут велике наукове значення мають методологічні аспекти, що пов'язані з використанням системного підходу, фундаментальних законів технічної термодинаміки, тепломасообміну, математичних методів для рішення проблеми зниження використання первинних енергоресурсів шляхом заміни їх біогазом.

З метою отримання достовірної інформації щодо параметричних характеристик ВТУ будуть використані сучасні методи математичного моделювання і оптимізації складних теплофізичних процесів, включаючи процеси горіння, нестационарного тепломасообміну безпосередньо в високотемпературному реакторі, а також в теплообмінних апаратах.

На основі розроблених методик та удосконаленої математичної моделі будуть проведені багатоваріантні розрахунково-теоретичні дослідження, виконано прогнозування режимів роботи теплоутилізаційного обладнання з урахуванням особливостей експлуатації технологічних агрегатів. Це дозволить розрахувати комплексні характеристики складних теплоутилізаційних систем та прогнозувати їх роботу за умов використання біогазу.

Таким чином, створення методик, технічних та алгоритмічних засобів, що дозволяють розробляти ефективні системи виробництва та спалювання біогазових сумішей та оптимізувати їх параметри за економічним критерієм, з урахуванням існуючих тарифів на енергоресурси, цін на комплектуючі й енергетичне устаткування, є в даний час актуальним.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Producing of Biogas [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gasum.com/en/gasum/products-and-services/biogas-and-liquefied-biogas/how-is-biogas-produced/>.
2. AgroBiogas [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://agrobiogas.com.ua/what-is-biogas/>.
3. Біогазові установки: економічна доцільність та перспективи на майбутнє – Режим доступу до ресурсу: <https://agroelita.info/biohazovi-ustanovky-ekonomichna-dotsilnist-ta-perspektyvy-na-maybutnie/>.



ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ВИНА  
ТА ВИНОМАТЕРІАЛІВБрага О. С., студент, e-mail: [papelats@ukr.net](mailto:papelats@ukr.net)Науковий керівник доц. Якушенко Є. М.  
Державний біотехнологічний університет

Виробництво винограду перетворилося на крупну галузь харчової промисловості. Проведено велике будівництво вин заводів і розширення що раніше існували, заново створено шампанське виробництво на базі крупних шампанських заводів, обладнаних новітньою вітчизняною технікою.

Проте сучасне виноробництво потребує технічного і технологічного переозброєння. Основна увага має бути направлена на розширення механізації і організації потокової окремих стадій технологічного процесу. При цьому раціоналізація і удосконалення технологічного процесу на основі новітньої техніки і наукових знань повинні зайняти головне місце. У цьому напрямі термічна обробка сусла і вина заслуговує на особливу увагу.

За останні роки у виноробницькій промисловості проведені заходи щодо підвищення технічного рівня виробництва, в результаті яких був упроваджений новий вигляд вітчизняного і імпортного устаткування. Для термічної обробки вина упроваджені пластинчасті теплообмінники і пастеризатори і технічно досконаліші пластинчасті фільтри. На багато крупних підприємствах упроваджені автоматичні лінії для розливу вина і шампанська. Всі крупні підприємства оснащені в даний час холодильними установками для обробки молодих вин. Крім того, у ряді пунктів первинного виноробства встановлюються холодильники невеликої потужності (10 000 ккал/час) для охолодження сусла при відстоюванні і під час бродіння.

На заводах первинного і вторинного виноробства великого поширення набули крупні металеві ємкості, що значною мірою витіснили з виробництва дубові бочки. Широке впровадження у виробництво холодильних установок, пастеризатори, а також інших пристроїв для термічної обробки вина є головним і невідкладним завданням. Вживання охолодження і нагрівання дає можливість створити нормальні температурні умови для ряду технологічних процесів: відстоювання сусла, бродіння, очищення вина, а обробка вин холодом значно підвищує якість вина і збільшує його стабільність.

Не менш необхідна обробка вин нагріванням до різних температур залежно від мети теплової обробки: прискорити дозрівання, додати певний характер, властивий різним типам вин, стерилізувати вино. Строго певні температурні режими технологічних процесів гарантують здобуття стабільних якісних вин, що відповідають певним типам

Організація потокової і освоєння безперервних методів вимагає перевлаштування окремих ланок виноробницького виробництва і впровадження відповідної механізації і автоматизації. В світлі перспектив подальшого розвитку вітчизняного виноробницького виробництва великого значення набувають пропозиції, винахідництво і передові методи праці. У первинному виноробстві почалося широке впровадження роботизації трудомістких робіт. Раціоналізаторами і винахідниками запропоновані удосконалення старого і конструкції нового устаткування. Впровадження цих пропозицій значно підвищило технічний рівень промисловості, понизило витрати праці і збільшило продуктивність.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Якушенко Є.М. Підвищення енергоефективності процесу сушіння виноградних вичавок у масообмінному модулі з кондуктивним підведенням теплоти : дис. канд. техн. наук / Є.М. Якушенко. – Х., 2014. – 279 с.
2. 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.

## СУЧАСНІ ХОЛОДИЛЬНІ АГЕНТИ ДЛЯ ПОБУТОВОГО ХОЛОДУ

Войтенко В. С., студент, e-mail: [vadim138.28@gmail.com](mailto:vadim138.28@gmail.com)

Кузнецов А. С., студент, e-mail: [890kuzartem@gmail.com](mailto:890kuzartem@gmail.com)

Науковий керівник викладач-методист Сингубенко Л. М.  
Харківський фаховий коледж харчової промисловості ДБТУ

Актуальність дослідження. Ситуація, що склалась у світі з потенціалом впливу на глобальне потепління (GWP) вимагає від виробників побутового холодильного та кліматичного обладнання зміни підходу до використання холодильних агентів

Мета дослідження. Проаналізувати напрямки розвитку ринку холодильних агентів для побутового обладнання.

Основні матеріали досліджень.

За Регламентом (ЄС) № 517/2014 Європейського Парламенту та Ради Європейського союзу стосовно фторомістких парникових газів передбачає скорочення їх використання до 2030 року на 79% від середнього рівня 2009-2012 років на основі еквівалентного викиду CO<sub>2</sub>. Відповідно до Монреальського протоколу і європейському законодавству з проблеми виснаження озонового шару озоноруйнуючий потенціал холодоагентів повинен бути нульовим.

Вважається на сьогоднішній день цим вимогам відповідають холодоагенти нового покоління, якими є R-32, R-290, R-600a. Наряду з цим повсякчасно ведуться активні подальші дослідження і розробка інших альтернативних холодоагентів.

При виборі холодоагенту нового покоління необхідно врахувати ряд факторів: озоноруйнуючий потенціал, потенціал впливу на глобальне потепління, безпеку, ефективне використання природних ресурсів, енергоефективність, доступність.

Для побутових систем кондиціонування виробники останнім часом використовують такий холодильний агент R 32 .В кліматичному обладнанні він використовується вже доволі довго: з нього наполовину складається поширений холодоагент R410A. GWP для R32 дорівнює 675, що є третиною від цього показника для R410A - 2088. R32 має більшу енергоефективність, при рівній продуктивності потрібно в меншій кількості для заправки, відповідно, обладнання може стати компактнішим. Цей холодильний агент однокомпонентний, тому його простіше повторно використовувати і утилізувати.

В системах побутових холодильників в наш час все частіше в якості холодильного агенту використовується R600a (ізобутан), бо властивості та характеристики речовин, що раніше застосовувалися, сильно відрізняються від параметрів їх сучасної альтернативи — ізобутану. Екологічні переваги R600a відображаються у відсутності синтетичних компонентів, у коефіцієнті ODP = 0 та потенціалі впливу на глобальне потепління GWP = 0,001.

Холодильники в таких системах працюють на низькому тиску та з нижчим рівня шуму. Економічно вигідна речовина, яка при її використанні зменшує кількість циркулюючого в системі холодильного агенту. Найекономніші побутові холодильники класу енергозбереження A+ і A++ працюють на ньому.

Висновок. Проаналізувавши напрямки розвитку ринку для побутового холодильного обладнання можна сказати, що перевага у виборі холодильного агенту надається речовинам з низьким GWP та без ODP.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фреон R-32: холодоагент нового покоління для кондиціонерів та теплових насосів: веб-сайт. URL : <https://klima-center.cv.ua>
2. Холодоагент R600a та особливості роботи з ним: <https://ремонт-холодильника.dp.ua>

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ТОРГОВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА  
З ЦЕНТРАЛІЗОВАНИМ ХОЛОДИЛЬНИМ ОБЛАДНАННЯМВорона Д. С., студент, e-mail: [papelats@ukr.net](mailto:papelats@ukr.net)Науковий керівник доц. Якушенко Є. М.  
Державний біотехнологічний університет

Проектування холодильних установок підприємств торгового профілю та супутній йому вибір обладнання – завдання непросте, і ставитись до нього необхідно, використовуючи досвід проектувальників, монтажників та експлуатаційників. Стандартні методики розрахунку та підбору холодильного обладнання не завжди можуть врахувати коло питань, що виникають на стадіях монтажу та введення його в експлуатацію. Стає актуальним накопичений досвід практичних працівників, які пропонують нестандартний підхід до підбору холодильного обладнання. Використовуючи нестандартний підхід у вирішенні завдань холодопостачання розгалужених мереж торгових підприємств, можна досягти оптимального результату у створенні ефективних енергозберігаючих систем із тривалим та безаварійним терміном експлуатації.

Проектування починається з правильно складеного завдання створення системи холодопостачання. Проектувальник не повинен виконувати розробку наосліп, вигадуючи ті чи інші експлуатаційні параметри самостійно. Одним з важливих питань, що виникають і потребують вирішення, є проблема розміщення обладнання або більш докладно взаємне розміщення обладнання. Раціональний вибір площі теплообмінників холодильної системи забезпечує необхідні параметри роботи циклу та підтримання температури в приміщенні, що охолоджується. Правильно обрана конструкторами система повітророзподілу в приміщенні, що охолоджується, забезпечує не тільки оптимальне зберігання продукту, але і сприяє збільшенню терміну служби обладнання. Проектування холодильних систем та підбір сучасного обладнання для торгових підприємств є відповідальним завданням. В даний час існує багато різних програм для визначення теплопритоків в охолоджувані об'єкти та підбору необхідного обладнання. Проектувальник повинен мати хороші знання в областях: холодильної техніки; технології обробки та зберігання харчових продуктів; термодинаміки; гідродинаміки; електротехніки та систем управління та ін.

Виконання реальних робіт забезпечує проектувальнику можливість виявити свої знання практично. Проектування зазвичай починається з розробки технічного завдання на конкретний об'єкт відповідно до завдань, які поставив замовник. Досвід провідних проектувальників показав, що технічні завдання (заявки) недостатньо продумані та найчастіше є неповними. Опитувальний лист (заявки) виконується відповідно до стандартного бланку. З цієї заявки відома назва об'єкта, місце розміщення в приміщенні і необхідна температура в об'єкті, що охолоджується, вид продукту, що зберігається.

Однак невідомо передбачуване кількість продукту, його температура, вид тари і упаковки, кількість обслуговуючого персоналу, що працює в камері, і багато інших параметрів. За даними, які наведені в опитувальному листі, виконати розрахунок та підбір необхідного обладнання, що працює з мінімальними енерговитратами, важко, оскільки вони не дають повної інформації про проєктований об'єкт і не дозволяють виконати повноцінні розрахунки та підбір обладнання.

## 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. - Харків : [б. в.], 2019. - 176 с.

ОГЛЯД СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ШВИДКОГО  
ЗАМОРОЖУВАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ  
Ворона Д. С., здобувач, e-mail: [dvorona279@gmail.com](mailto:dvorona279@gmail.com)  
Науковий керівник доц. Петренко О. В.  
Державний біотехнологічний університет

Швидке заморожування харчових продуктів на сьогодні є найпрогресивнішим і найперспективнішим методом їх зберігання. Низькі температури широко використовуються при зберіганні кулінарних напівфабрикатів, м'ясної, рибної та плодоовочевої продукції. У оброблених методом швидкого заморожування продуктах краще зберігаються смакові якості та поживна цінність, що дає можливість використовувати їх у чистому вигляді, застосовувати для виробництва продуктів для дитячого та дієтичного харчування [1].

У світовій практиці для швидкого заморожування харчових продуктів використовується широкий набір методів та відповідних технічних засобів [2]. Методи заморожування умовно можна поділити на три групи:

- прямий контакт харчового продукту з холодоагентом;
- використання проміжного охолоджуючого середовища або холодоносія, що в свою чергу, охолоджується холодоагентом (низькотемпературна обробка в різноманітних холодильних системах);
- контакт продукту із холодоагентом через металеву поверхню (низькотемпературна обробка в плиткових технологічних апаратах).

Методи заморожування першої групи, що використовують рідкі, тверді та газоподібні агенти, об'єднані загальною назвою - криогенний метод.

Друга група методів використовує рідкі та газоподібні охолоджуючі середовища та холодоносії. У разі застосування рідкого охолоджуючого середовища (водяні розчини солей високої концентрації: неорганічних та органічних, гліколів та спиртів) частіше використовують занурювальний метод заморожування (в некиплячу рідину). При застосуванні газоподібного середовища (в основному повітря) так званий повітряний метод заморожування.

Особливим методом повітряного заморожування є флюїдизація, в цьому випадку до повітряного середовища додають дрібноподрібнений лід, полімерні кульки, а також композиції (манна крупа), це дозволяє інтенсифікувати теплообмін та отримати готовий продукт високої якості.

Третя група – контактний метод через металеву поверхню плиткового морозильного апарату (використовується переважно для продукту правильної геометричної форми або блоку).

Останнім часом набувають поширення комбіновані методи заморожування, які поєднують різні варіанти комбінації криогенного та повітряного методів, а також застосування електротехнологій (акустичне заморожування, заморожування за рахунок електромагнітних коливань) [3].

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильні технології: Навчальний посібник / В.В. Шутюк, О.С. Бессараб, О.В. Душак, В.І. Ємцев – Київ: НУХТ.– ФОП Ямчинський О. – 2022. 172 с.
2. Холодильне обладнання : підручник / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. - Х. :Світ Книг, 2021. – 633 с.
3. Fellows P. Food Processing Technology- Principles and Practice.– 2nd ed. - Cambridge, UK: Woodhead Publishing, 2000.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ  
В ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТАХ

Вязовіченко Ю. І., магістр, e-mail: [Yurii.Viazovichenko@ieec.khpi.edu.ua](mailto:Yurii.Viazovichenko@ieec.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Кунденко М. П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Україна належить до країн, що мають значний дефіцит власних викопних органічних палив. Потреба країни в природному газі задовольняється за рахунок власних запасів лише частково. Ситуація із забезпеченням природним газом погіршилася з початком бойових дій на території країни. В той же час Україна має значний потенціал для отримання різних видів біопалива, зокрема біогазу. Особливість застосування біомаси в енергетиці визначається її неоднорідністю, а також розмаїтістю способів одержання енергії. Використання біогазу в високотемпературних теплотехнологічних агрегатах різних галузей промисловості, що є значними споживачами первинного органічного палива (природного газу), дозволить вирішити проблему енергетичної незалежності держави та її екологічної безпеки.

Основні труднощі при використанні різних видів біопалива виникають через розходження хімічного складу викопних палив та біопалива. В багатьох випадках застосування біогазу призводить до необхідності реконструкції або заміни теплотехнологічного та енергетичного обладнання підприємств.

Проведені попередні дослідження щодо можливості використання біогазу в суміші з природним газом в якості палива для ванних регенеративних скловарних печей безперервної дії та нагрівальних методичних печей. При додаванні біогазу в процесі горіння відбувається зміна складу та об'ємів димових газів. Це може призвести до порушення технологічного режиму роботи високотемпературних теплотехнологічних комплексів та отримання неякісного кінцевого продукту через зміну температурного режиму в робочому просторі.

У зв'язку з цим виникає необхідність подальших досліджень в цьому напрямку, а саме проведенні моделювання роботи систем утилізації теплоти високотемпературних теплотехнологічних комплексів з метою визначення теплових характеристик повітря горіння для недопущення зміни режимних та технологічних параметрів роботи обладнання. В основу досліджень покладено ідею використання біогазу, отриманого з органічних відходів промислового та побутового походження, в якості джерела енергії для високотемпературних теплотехнологічних установок, де в якості основного палива використовується природний газ. Це дасть змогу зменшити витрату природного газу на підприємствах різних галузей промисловості без проведення додаткових робіт з модернізації основного технологічного обладнання, що значно скорочує строк окупності проєктів та підвищує економічну ефективність.

Цей перспективний науковий напрям запропоновано на основі виконаних розрахунково-теоретичних та експериментальних робіт з дослідження високотемпературних теплофізичних процесів для різних типів високотемпературних теплотехнологічних установок скляного та металургійного виробництва. Дані агрегати мають суттєві розходження в конструктивних та режимних характеристиках, але високотемпературні процеси мають також і загальні закономірності, що дозволяє використати накопичений позитивний досвід із застосуванням комплексного підходу для вирішення проблеми підвищення енергетичної ефективності та екологічної безпеки промислових підприємств.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Walter V. Reid, Mariam K. Ali, Christopher B. Field The future of bioenergy // Global change biology. – 2020. – Vol. 26, Issue 1. – P. 274-286.
2. Лісовал А.А. Використання біогазу як сировини і моторного палива в енергетиці і на транспорті // Двигуни внутрішнього згорання. – 2022. – № 2. – С.13-19.



ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АБСОРБЦІЙНИХ  
ХОЛОДИЛЬНИХ ПРИЛАДІВ В УКРАЇНІГандяк А. І., студентка, e-mail: [alinagandyak@gmail.com](mailto:alinagandyak@gmail.com)Науковий керівник проф. Жила В. І.  
Державний біотехнологічний університет

Актуальність дослідження. Український ринок холодильних агрегатів і станцій є імпортозалежним. Більше 80% продукції завозиться в Україну. Висока вартість деяких агрегатів призводить до того, що в Україну ввозиться обладнання, що вже було у використанні. Це не відповідає рівню розвинутої держави. Отже, розвиток технологій у галузі холодильних установок з використанням більш енергоефективних елементів та альтернативних джерел енергії є актуальним.

Мета досліджень. Пошук шляхів використання абсорбційних холодильних приладів підвищеної енергоефективності в Україні.

Основні матеріали досліджень. Абсорбційні холодильні прилади користуються популярністю в споживачів завдяки широкому діапазону робочих температур - від  $-24 \div -18^{\circ}\text{C}$  до  $+12^{\circ}\text{C}$ , що дозволяє здійснювати тривале зберігання різноманітних харчових продуктів, мають ряд таких позитивних якостей, як безшумність, надійність і тривалий ресурс роботи, відсутність вібрації, магнітних і електричних полів при експлуатації, можливість використання в одному агрегаті декількох джерел енергії – як електричних, так і теплових [1]. Абсорбційні холодильні прилади не чутливі до зміни струму в мережі в діапазоні напруги 160...240 В. До їх достоїнств слід віднести й меншу, в порівнянні з компресійними аналогами, вартість, що в багатьох випадках має вирішальне значення.

Основний вплив на галузь промислового холодильного обладнання має збільшення кількості гіпермаркетів, спеціалізованих торгових закладів, зміна тенденцій у споживанні продуктів харчування, зростання міжнародної торгівлі продуктами харчування, зростання продажів заморожених продуктів у країнах, що розвиваються, збільшення числа ресторанів, особливо в сегменті фаст-фуд. Однією з проблем ринку холодильної логістики є нерівномірний регіональний розподіл складів та виробничих потужностей в Україні (45 % в Києві та області), тобто споживачі послуг можуть зіткнутися з дефіцитом пропозиції на деяких територіях. У грошовому еквіваленті ємність ринку зросла в більшій мірі у зв'язку з ростом виробництва (на 83,04%) та збільшенням імпорту (на 3,27%) [2].

Основними виробниками холодильного обладнання в Україні на є ДП «Берег – С» ВАТ «Васильківський завод холодильників», АТ «НОРД» в м. Донецьк (тимчасово окупована територія) та компанія KTD Group (ТМ Saturn, Laretti, ST, Defiant), в м. Черкаси. Ці виробники активно використовують «зелені технології». ДП «Берег – С» ВАТ «Васильківський завод холодильників» співпрацює з науково-дослідними та проблемними лабораторіями з питань підвищення енергоефективності холодильного обладнання в умовах зниження антропогенного навантаження та собівартості товару, що виводить їх, як виробників, на європейський ринок. Нажаль, в Україні нема цільових «зелених» фондів, які здійснюють екологічні інвестиції, але в країні є тенденція до зростання залучення інвесторів, які мають цілий портфель «зелених» та кліматичних інновацій. Розвивається міграція корпорацій у «зелений» бізнес та всезростаючий рівень екологічної свідомості населення.

Висновок. Екологічне інвестування має призвести до зростання рівня імпортозаміщення на вітчизняному ринку холодильного обладнання та зростання ВВП країни.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Холодильное оборудование : пособие / Д. П. Семенюк, О. В. Петренко. - Х. :Світ Книг, 2021. – 633 с.
2. Інтеграція України до європейського ринку органічної замороженої продукції / М. Голова-нова, З. Каменєва, В. Хижа // Маркетинг в Україні. – 2019. – № 4 (115) : лип.-серп. – С. 21–33.

АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ПАРОЕЖЕКТОРНИХ  
ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОКГолубєва Д. О., студент, e-mail: [papelats@ukr.net](mailto:papelats@ukr.net)

Науковий керівник доц. Якушенко Є. М.

Державний біотехнологічний університет

Пароежекторні холодильні машини зазвичай застосовуються для систем кондиціонування повітря в цехах хімічних підприємств (наприклад, виробництва хімічного волокна). У таких холодильних машинах здійснюються одночасно два цикли – прямий, у якому теплота перетворюється на механічну роботу, і зворотний, у якому ця механічна робота використовується для отримання холоду.

Енергетичні показники пароежекторних холодильних машин нижчі, ніж у парових, внаслідок значних незворотних втрат. Простота конструкції та обслуговування, завдяки відсутності механізмів (за винятком насосів), низька первісна вартість обладнання, висока надійність у тривалій та безперервній експлуатації, малі маси та габаритні розміри, можливість розміщення на відкритих майданчиках та використання теплоти низького потенціалу в ряді випадків визначають економічну ефективність їх застосування.

В якості робочих тіл у пароежекторних холодильних машинах можуть бути використані вода, аміак, R12 та ін. Проте практично застосовують тільки пароводяні ежекторні холодильні машини, в яких робочим тілом та охолоджувачем одночасно є вода.

Вода нешкідлива, доступна, має велику теплоту пароутворення, у випарниках пароежекторних машин кипить при температурі від 2 до 7 °С (зазвичай близько 5 °С), чому відповідають абсолютні тиски водяної пари від 700 до 1000 Па. При цих тисках застосовувати поршневі компресори або турбокомпресори економічно недоцільно у зв'язку з великими питомими обсягами водяної пари (130...180 м<sup>3</sup>/кг). Це можна було б здійснити лише за величезних розмірів циліндрів поршневого компресора або коліс у відцентрових машинах. Однак такі машини будуть характеризуватись великими втратами енергії, а також високими капітальними витратами. До того ж конструкція зазначених машин виявиться складною через необхідність їх роботи в галузі глибокого вакууму. Відсмоктування водяної пари з випарника паровим ежектором дозволяє створити відносно компактну та надійну в експлуатації машину. Як джерело енергії використовується пара, яка надходить у сопло парового ежектора, де розширюється. В результаті в ежекторі і, як наслідок, у випарнику пароежекторної машини створюється знижений тиск. Частина води з конденсатора подається у випарник для поповнення втрат води, що охолоджується. Охолоджена у випарнику вода подається до споживачів. Отоплена вода, що повертається від споживачів, надходить через форсунки, що розбризкують, у випарник.

Пароежекторні холодильні машини випускаються холодопродуктивністю від 60000 до 600000 ккал/год. інших галузях промисловості. Так само пароежекторні холодильні машини використовуються на судах, оскільки невелика кількість частин, що рухаються, спрощує їх обслуговування і ремонт. Основним показником, що визначає ефективність застосування пароежекторних холодильних машин, є витрата робочої пари, віднесена до холодопродуктивності машини. Цей показник залежить від початкового тиску робочої пари, що подається в ежектор, температури охолодженої води та температури води, що охолоджує. Для зручності регулювання зазвичай встановлюється кілька паралельно з'єднаних ежекторів; регулювання здійснюється шляхом відключення частини ежекторів.

## 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. Чумак І. Г. Холодильні установки. – М. : Агропромиздат, 1991. – С.495.

## АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРИГОТУВАННЯ МОРОЗИВА

Єрмоленко О. В., e-mail: [555kaf.ietsp62@ukr.net](mailto:555kaf.ietsp62@ukr.net)

Науковий керівник проф. Семенюк Д. П.

Державний біотехнологічний університет

Ще з Київської Русі в нас подавали дрібно настругане заморожене молоко. У багатьох селах на масницю замішували сир зі сметаною, ізюмом і цукром. Потім із суміші ліпили казкові фігурки тварин, птахів... «Вироби» виставлялися на ганочок, на мороз. От так і виходило домашнє морозиво, яким лакомилися і діти, і дорослі. Якщо хтось заготовлював морозиво про запас, то для кращої схоронності поміщав морозиво в діжку з льодом.

Зазвичай для приготування різних десертів (морозива, коктейлів, вершків і ін.) використовують апарати, які прийнято називати фризерами.

Апарати розрізняються за наступними основними параметрами: варіант виконання (настільний чи напільний), продуктивність, обсяг камери схову для суміші, обсяг циліндра заморожування, тип охолодження, наявність пастеризації, наявність помпи. У залежності від кінцевого продукту усі фризери можна розділити на чотири основні групи.

Фризери для виробництва м'якого морозива призначені для готування і реалізації готового продукту безпосередньо на місці продажів. Бувають на один і на два смаки. У свою чергу їх можна розділити на фризери з помпою і без неї. Фризер без помпи дозволяє досягти збитості 30...40%, у той час як з помпою 70...80%.

Фризери для виробництва молочного коктейлю. Також призначені для готування і реалізації коктейлю безпосередньо на місці продажу. Найчастіше розраховані на готування чотирьох різних за смаком видів продукції. Принцип дії в них наступний: у кришку роздачі крім клапана, що дозує подачу коктейлю, убудований спеціальний міксер, а в нижній панелі фризера розташовуються ємності для сиропу. Таким чином, натискаючи на панелі кнопку, що відповідає сиропу, міксер автоматично підмішує сироп у коктейль. Ці фризери також бувають із природним і примусовим насиченням суміші повітрям. Збитість продукту досягається відповідно 40 і 100%. Варто відзначити, що коктейль, приготовлений у фризери виходить досить щільним і нагадує за смаком морозиво, що розтануло, чого не можна сказати про коктейлі, що готують за допомогою міксера.

Фризери для виробництва твердого морозива (батч-фризери) – це апарати, у яких готують традиційне тверде морозиво. Приготовлене морозиво з циліндра викладають у гастроємність, що ставлять у низькотемпературну вітрину чи холодильну шафу шокової заморозки, де воно дозакалюється до більш низької температури. Надалі готова продукція реалізується через гастроємності у виді кульок. При роботі з батч-фризером можна додавати здрібнені продукти (ягоди, фрукти, горіхи) безпосередньо в циліндр заморожування. Це дозволяє робити морозиво з натуральними наповнювачами.

Комбіновані (комбо-фризери) – апарати, здатні робити чотири види коктейлю й один вид м'якого морозива. Усі комбо-моделі оснащені помпою, мають високу продуктивність, а в більшості випадків і пастеризатор.

На Українському ринку представлені наступні виробники фризерів: Carpigiani, Frigomatt, Coldelite, Ott Swiss Freezer (Італія), Stoelting, Taylor (США), і ін. Не дуже давно до них приєдналася південнокорейська компанія KORECO. Останнім часом почали з'являтися фризери китайського виробництва.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Морозиво: види морозива та корисні властивості. Режим доступу: <https://gioice.com.ua/blog/morozivo-vidi-moroziva-ta-korisni-vlastivosti/>.
2. Корисні властивості морозива, калорійність морозива, шкода від морозива. Режим доступу: <https://pridneprovka.org.ua/korisni-vlastivosti-moroziva-kalorijnist-moroziva-shkoda-vid-moroziva/>.

## ВИКОРИСТАННЯ КОГЕРЕНТНИХ УСТАНОВОК

Здоров І. В., магістр, e-mail: [oleh.necheporenko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:oleh.necheporenko@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Кунденко М. П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Альтернативні джерела енергії все частіше застосовуються в житті людей. Як ми знаємо, корисні копалини є вичерпними, тому доцільно розвивати галузь поновлюваних енергоресурсів. Люди навчилися використовувати енергію сонця, вітру, води, надр Землі та інші види енергії та палива для задоволення своїх потреб. До таких незвичайних джерел енергії належить біогаз. Виробництво біогазу є ефективною та інвестиційно привабливою технологією завдяки наявності величезного сировинного потенціалу.

Біогаз виробляється з біомаси. В якості сировини використовуються цілі рослини та рослинні рештки, рідка гноївка та твердий гній, а також органічні відходи. Для виробництва біогазу з біомаси органічна речовина піддається процесам ферментації у спеціальних біогазових установках. В процесі зброджування утворюється газоподібний метан, горючий газ, який спочатку очищається від сторонніх газів, а далі перетворюється на енергетичні джерела відповідно до потреб.

Біогаз виробляється за добре налагодженою технологією в процесі, що включає кілька етапів:

1. Біологічні відходи подрібнюють на більш дрібні шматки та змішують, щоб підготувати їх до процесу анаеробного зброджування. Суспензія означає додавання рідини до біовідходів, щоб полегшити їх переробку.
2. Мікробам потрібні теплі умови, тому біовідходи нагрівають приблизно до 37 °С.
3. Фактичне виробництво біогазу відбувається шляхом анаеробного зброджування у великих резервуарах протягом приблизно трьох тижнів.
4. На завершальному етапі газ очищається (покрощується) шляхом видалення домішок і вуглекислого газу.

Коли ви плануєте використовувати біогаз для виробництва теплової та електричної енергії та/або охолодження, звичайно, необхідне розуміння того, скільки енергії міститься у біогазі. Вища теплотворна здатність чистого газу метану становить 39,8 МДж/м<sup>3</sup>, що відповідає 11,06 кВт\*год/м<sup>3</sup>, і нижчу теплотворну здатність 35,8 МДж/м<sup>3</sup>.

Біогаз можна по-різному використовувати. Перш за все, біогаз використовується для виробництва електричної та теплової енергії. Коефіцієнт корисної дії біогазу є найвищим за так званого комбінованого виробництва теплової та електричної енергії, одночасного продукування тепла та електрики. Біогаз містить величезний потенціал, перш за все, завдяки своїй гнучкості та універсальності. У доповнення до подачі в мережу природного газу та локального виробництва теплової та електричної енергії, біогаз з біомаси також може використовуватись в якості палива.

Отже, ознайомившись з даною темою можна зробити висновок, що в Україні є великий потенціал виробництва та застосування когерентних установок.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Producing of Biogas [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gasum.com/en/gasum/products-and-services/biogas-and-liquefied-biogas/how-is-biogas-produced/>
2. AgroBiogas [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://agrobiogas.com.ua/what-is-biogas/>
3. Біогазові установки: економічна доцільність та перспективи на майбутнє – Режим доступу до ресурсу: <https://agroelita.info/biohazovi-ustanovky-ekonomichna-dotsilnist-ta-perspektyvy-na-maybutnie/>

В умовах широкомасштабної війни Росії проти України актуальною стала проблема життєзабезпечення будівель і споруд критичної та цивільної інфраструктури для захисту населення і працівників підприємств, які продовжують працювати у надскладних та небезпечних умовах. Інженерне забезпечення житлових будівель та споруд є одним із найважливіших компонентів комплексного вирішення енергозабезпечення та екологічної безпеки України під час військового стану. Існування, розвиток та безперервна експлуатація будівель та споруд критичної та цивільної інфраструктури України нерозривно пов'язано із функціонуванням інженерних систем життєзабезпечення, а саме, водопостачання, теплопостачання, водовідведення, електропостачання.

З урахуванням необхідності розв'язання екологічних проблем, передбачається комплексний підхід до формування енергетичного життєзабезпечення з використанням технології утилізації відходів як паливної сировини. Надійна та ефективна робота цих систем не лише забезпечує населення необхідними для життя водою, теплом, світлом, але й створює належні санітарно-гігієнічні та комфортні умови в місцях проживання і роботи людей.

Мета досліджень полягає в розробці автоматизованої системи енергоефективного життєзабезпечення будівель і споруд критичної та цивільної інфраструктури України під час військового стану, що забезпечить функціонування основних інженерних систем.

Наукові дослідження спрямовані на вирішення завдання підвищення надійності та безперервної роботи під час воєнного стану будівель та споруд критичної та цивільної інфраструктури України. У зв'язку з цим виникає необхідність розробки нових ефективних технологій та обладнання, спрямованих на скорочення споживання природного газу за рахунок його заміни альтернативними видами палива, зменшення енерговитрат на підтримання мікроклімату будівель та споруд, а також вирішення важливих екологічних проблем забруднення навколишнього середовища промисловими та побутовими відходами. Нами буде запропоновано комплексний підхід до вирішення проблеми зменшення енерговитрат на підтримання мікроклімату в будівлях і спорудах.

Однією з важливих задач, є проблема енергоефективності і енергозбереження. Ефективний контроль опалення, освітлення, вентиляції, водопостачання, більш ефективне використання традиційних приладів та впровадження енергоефективного обладнання в будівлях мають важливе значення для забезпечення продуктивної, здорової та безпечної праці та життя, відіграють важливу роль у запобіганні втрат енергії, а також зменшують вплив на навколишнє середовище. Крім того, підвищення ефективності управління споживанням енергії є єдиним підходом забезпечення енергоефективності та енергозбереження багатьох існуючих будівель і споруд критичної та цивільної інфраструктури, з урахуванням екологічно-безпечного підходу.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Передові системи термомодернізації будівель і споруд. Навч. курс «Передові системи термомодернізації будівель і споруд» з проф. «Монтажник систем утеплення будівель»: навч. посіб. / Надія Іволжатова, Тетяна Дрімко, Тарас Холеван та ін. — Київ : Видавничий дім «Гельветика», 2020. — 116 с.
2. Енергоефективні технології : навчальний посібник / А. С. Мандрика та ін. ; за заг. ред. А. С. Мандрики. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 330 с. ISBN 978-966-657-884-9 [https://files.nas.gov.ua/text/pdfNews/teplozabezpechennya\\_visnyk.pdf](https://files.nas.gov.ua/text/pdfNews/teplozabezpechennya_visnyk.pdf)



## АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СХЕМНИХ РІШЕНЬ ХОЛОДИЛЬНИХ МАШИН ДЛЯ ЛЬОДОВОЇ АРЕНИ НУХТ

Калита В. С. магістр, e-mail: 06082099@ukr.net

Науковий керівник доц. Пилипенко О. Ю.

Національний університет харчових технологій

Щорічно багато шанувальників активного способу життя відвідують сезонні ковзанки, однак тривалість їх роботи послідовно скорочується, через зростання температури повітря взимку. Для продовження терміну експлуатації льодових арен широко використовуються холодильні установки з повітряними конденсаторами.

В роботі розглянута можливість встановлення сезонної льодової ковзанки на території спорткомплексу НУХТ. Для функціонування льодової арени передбачалась холодильна установка з конденсацією парів холодильного агента, як навколишнім повітрям так і водою теплової мережі спорткомплексу.

Було проведено аналіз вільної площі спорткомплексу за допомогою супутникових знімків, а також натурні вимірювання вільних ділянок. Встановлено, що габарити відкритої льодової арени складають 57 м × 21 м, це зумовлено наявністю ряду обмежень.

За стандартними методиками виконані розрахунки теплонаходжень, які в залежності від зовнішніх температур складають: від 256 кВт (+3 °С) до 400 кВт (+10 °С).

Аналізуючи архіви погоди в м. Києві виявлено, що значення температури повітря +10 °С відповідає періоду роботи з середини жовтня до середники квітня та співпадає з опалювальним сезоном.

Проведено порівняння чотирьох варіантів схем. Загальним для всіх схем є холодильний агент R507A та температура кипіння -15,5 °С. Стандартною схемою для більшості льодових арен є одноступенева на повітряному конденсаторі з температурою конденсації +20 °С. В розрахунках приймали установки з проточним конденсатором та температурою конденсації +50 °С, а саме: без РТО, з РТО та двоступенева, які мають можливість утилізувати тепло на потреби спорткомплексу.

Для порівняння циклів з повітряним та рідинним конденсатором, цикли з рідинними конденсаторами поділено умовною лінією, яка відповідала температурі конденсації +20 °С. Нижня частина відповідає за забезпечення холодом льодової арени, а верхня частина за достискання холодильного агенту і відбором теплоти у проточному конденсаторі, для догрівання води до +45 °С.

Результати розрахунків з визначення EER та COP подані у табл. 1.

Таблиця 1

Показник	без РТО	з РТО	двоступенева	на повітряному конденсаторі
EER	2,35	2,56	2,64	3,9
COP	5,76	5,85	5,78	-

У випадку можливості утилізації теплової енергії конденсатора тоді є доцільно встановлення схеми двоступеневої та з РТО, в іншому випадку одноступенева з повітряним конденсатором.

ОТРИМАННЯ РІВНЯННЯ РЕГРЕСІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ШАРУ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ  
ЗА УМОВ МІКРОХВИЛЬОВО-КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ

Капауз К. О., аспірант, e-mail: [kapauz@ukr.net](mailto:kapauz@ukr.net)

Науковий керівник проф. Бошкова І. Л.

Одеський національний технологічний університет

Проведення експерименту здебільшого пов'язано з матеріальними витратами, звідси постає завдання отримання максимуму інформації про об'єкт дослідження при мінімумі матеріальних витрат [3]. Вирішенням цього завдання і займається планування експерименту. Як результат обробки експериментальних даних, доцільним є виведення рівнянь регресії [4], які дозволяють отримувати розрахункові значення певних параметрів, наприклад, температура і вологостовміст, від визначальних факторів і проводити оцінку режимів обробки шару зерна при мікрохвильово-конвективному сушінні. Розрахунок оцінок коефіцієнтів рівняння регресії здійснюється за методом найменших квадратів, при цьому мінімізується сума квадратів відхилень між експериментальними значеннями досліджуваного параметра та значеннями, обчисленими для тих же точок факторного простору рівняння регресії.

Як фактори обрано масу завантаження ( $x_1$ ), час сушіння ( $x_2$ ), швидкість продування повітрям ( $x_3$ ). Приймаємо для  $x_1$  основний рівень 0,3 кг інтервал варіювання 0,15 кг. Приймаємо для  $x_2$  основний рівень 120, інтервал варіювання 60 с. Приймаємо для  $x_3$  основний рівень 1,0 м/с, інтервал варіювання 0,2 м/с. Умови проведення експерименту зведемо до таблиці 1. Потужність магнетрону 300 Вт, товщина шару 0,015 м. Процес роботи магнетрону – циклічний. Здійснюється безперервне продування крізь шар ненагрітим повітрям з температурою навколишнього середовища ( $t_0=21$  °С). Рівні факторів експерименту для отримання даних за середньою температурою шару зерна.

Таблиця 1

Характеристика	$x_1$	$x_2$	$x_3$
Основний рівень	0,3	120	1,0
Інтервал варіювання	0,15	60	0,2
Верхній рівень	0,45	180	1,2
Нижній рівень	0,15	60	0,8

Як відгук, розглядається температура  $t$  та вологовміст  $u$  шару зерна. Після перетворень остаточний вид регресійних рівнянь мають наступний вигляд:

$$t = 44,19 - 46,4 \cdot m + 0,22 \cdot \tau + 6,15 \cdot v + 0,11 \cdot m \cdot \tau - 38,67 \cdot m \cdot v + 0,23 \cdot m \cdot \tau \cdot v - 0,068 \cdot \tau \cdot v, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Похибка рівняння регресії для температури змінюється не більше 7,5 – 10 % залежно від маси завантаження. Збільшення маси завантаження в 3 рази призводить до зниження кінцевої температури за максимальної тривалості обробки і швидкості продування на 21 °С.

$$u = 0,215 - 0,124 \cdot m - 0,00028 \cdot \tau - 0,0277 \cdot v + 0,00085 \cdot m \cdot \tau - 0,00026 \cdot m \cdot \tau \cdot v + 0,109 \cdot m \cdot v, \text{ } \text{c}^{-1}$$

Рівняння регресії для розрахунку вологовмісту задовільно описує експериментальні дані. Максимальна похибка рівняння регресії для вологовмісту становить 8,2 % при мінімальній масі завантаження і максимальної тривалості сушіння.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Research Methodology. Chaudhary Charan Singh University, Meerut. URL: <https://ccsuniversity.ac.in/bridge-library/pdf/MPhil%20Stats%20Research%20Methodology-Part1.pdf>.
2. Jiang L. Application of MATLAB-Based Regression Analysis Model in Enterprises. Застосовані Mechanics and Materials. 2013. Vol. 328. P. 239-243. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amm.328.239> (date of access: 01.02.2024).

ВИКОРИСТАННЯ БІОГАЗУ В ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНИХ ПРОМИСЛОВИХ  
ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНИХ УСТАНОВКАХ

Капуста Ю. О., магістр, e-mail: [Yurii.Kapusta@ieee.khpi.edu.ua](mailto:Yurii.Kapusta@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник проф. Кунденко М. П.

Національний технічний університет

«Харківський політехнічний інститут»

Сьогодні біогаз в різних країнах світу використовується за трьома основними напрямками – для отримання теплової енергії, виробництва електроенергії та на транспорті. У європейських країнах біогаз переважно використовується на генераторних установках невеликої потужності для отримання теплової та електричної енергії, 73 % всієї біомаси йде на потреби теплопостачання.

Існують приклади застосування біогазу в високотемпературних промислових теплотехнологічних установках різних галузей промисловості. Успішне використання біогазу на цегельних заводах обмежується декількома прикладами на окремих підприємствах в Німеччині, у Сполучених Штатах Америки, Іспанії та Великобританії.

Проводились дослідження щодо використання звалищного газу в обертових печах цементної промисловості, де біогаз спалювався сумісно з природним газом. Розглядалися питання застосування біогазу в скляній промисловості, де він в суміші з природним газом піддається пароводяній конверсії. Незважаючи на окремі позитивні результати, загальна ефективність застосування таких установок зменшується із-за необхідності підтримання досить високих температур для здійснення реакцій, їх неповноти та складності обладнання. В той же час відсутні дані щодо використання біогазу для прямого спалювання в плавильних та нагрівальних печах таких галузей промисловості, яке машинобудування, склоробне виробництво, металургія.

Для проведення досліджень застосування біогазу в різних галузей промисловості необхідно провести моделювання роботи системи утилізації високотемпературних теплотехнологічних комплексів з метою визначення параметрів повітря горіння, що подається в палинкові пристрої. Рядом авторів були створені досить ефективні методики розрахунку таких теплообмінних апаратів. В той же час дослідженням теплових процесів у регенераторах плавильних агрегатів приділялося недостатньо уваги. Для їхнього розрахунку використовувалися наближені методики, які зводилися до визначення загального об'єму насадки та розмірів камери теплообмінників без урахування технологічних зв'язків і реальних умов роботи основних агрегатів і регенераторів. Враховуючи зміну складу та об'ємів димових газів, пов'язаних з додаванням біогазу, наслідком цього може бути недостатньо глибока утилізація теплоти димових газів та погіршення ефективності роботи печей.

Тому виникає необхідність удосконалення методик розрахунку теплообмінного обладнання систем регенерації теплоти за умов застосування біогазу з покращенням екологічних показників роботи, направлених на зменшення вмісту CO<sub>2</sub> в димових газах.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Перспективні технології та наявний досвід вилучення діоксиду вуглецю з технологічних та викидних газів / Цимбал А. О., Іванов Ю. В., Жук Г.В., Онопа Л. Р. // Енерготехнології та ресурсозбереження. – 2022. – № 4. – С. 71 – 88.
2. Аналіз соціальної та енерго- і природозбережної ефективності реалізації біогазової технології / С. Й. Ткаченко, Д. В. Степанов, Н. Д. Степанова // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2020. – № 2. С. 34-41.
3. Technologies for biogas upgrading to biomethane / Adnan, A. I.; Ong, M. Y.; Nomanbhay, S.; Chew, K. W.; Show, P. L // A review. Bioengineering 2019, 6(4), 92.

Розвиток нових технологій отримання керамічних, композиційних та напівпровідникових матеріалів залежить від знань особливостей формування температурного поля в тілі, для отримання знань про які необхідні надійні експериментальні дані [1]. Інформація про температурне поле є базовою для визначення ефектів взаємодії мікрохвильового електромагнітного поля з оброблюваним матеріалом, необхідної для пошуку керуючих впливів, знаходження умов оптимальних параметрів для мікрохвильових технологій [2, 3].

Метою експериментальних досліджень є дослідження особливостей спікання оксидних порошків із використанням енергії мікрохвильового поля.

У роботі сформульовані такі завдання.

- 1) Провести спікання порошків на основі оксиду алюмінію  $Al_2O_3$  (дисперсність частинок 0,2 – 1,2 мкм) та карбиду кремнію SiC (дисперсність частинок 2,0 – 4,0 мкм), отриманих методом нагрівання у мікрохвильовому полі.
- 2) Провести аналіз впливу параметрів структури та фазового складу на фізико-механічні властивості.
- 3) Охарактеризувати отримані керамічні зразки з використанням геометричних вимірювань, теплофізичних характеристик та дослідження властивостей міцності.

Визначено, що нагрів у мікрохвильовому полі  $Al_2O_3+10\%$  SiC дозволяє досягти рівня темпу нагріву, що отримується при електроімпульсному плазмовому спіканні 1,7 К/с. При мікрохвильовому нагріванні зразків нерівномірність температури дуже велика. Відхилення температури за товщиною для відкритої пластини карбиду кремнію товщиною 10 мм може досягати 27%. Відхилення між центром і краєм (відстань 1,75 см) зразків масою до 5 г досягає 50%. Нагрів порошку карбиду кремнію зі сполучною ПВС показує меншу температурну нерівномірність між краєм і центром зразка в порівнянні з оксидом алюмінію: від 19% для SiC до 36% для  $Al_2O_3$ . Нагрівання порошків карбиду кремнію різної дисперсності для фракцій F100, F240, F600, F1200 у мікрохвильовому полі показує, що зменшення розміру частинок для неспресованих зразків призводить до зниження величини поглинання мікрохвильової енергії. Так, через 170 с нагрівання в мікрохвильовій камері температура зразка F100 становила 82 °С, F240 – 73 °С, F1200 – 65 °С. Мікрохвилі забезпечують швидке нагрівання, що скорочує час і температуру, необхідні для спікання різних матеріалів, таким чином спрощуючи процеси підготовки. Слід зазначити, мікрохвильове нагрівання стало експериментальним інструментом, який використовується для вивчення взаємозв'язків між складом матеріалу, фазою, структурою та властивостями, і застосовувався для відкриття та фундаментальних досліджень нових матеріалів.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Kolesnychenko N., Volgusheva N., Boshkova I. Analytical study of the processes of thermal conductivity at high intensity heating. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 5, no. 8 (83). P. 26–31. URL: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.79990>.
2. Xu Z. Study on Microwave Sintering Process and Surface Texture Characteristics of Ceramic Materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. Vol. 677. P. 022078. URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/677/2/022078> (date of access: 10.03.2024).
3. Effect on Microstructure and Mechanical Properties of Microwave-Assisted Sintered H13 Steel Powder with Different Vanadium Contents / X. Chen et al. *Materials*. 2022. Vol. 15, no. 4. P. 1273. URL: <https://doi.org/10.3390/ma15041273>.

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ХОЛОДИЛЬНОГО  
УСТАТКУВАННЯ В РІТЕЙЛІКузнецов І. О., магістр, e-mail: [opholod@gmail.com](mailto:opholod@gmail.com)

Науковий керівник аспірант Смілик М. М.

Державний біотехнологічний університет

Споживання холодильного обладнання електроенергії в магазинах харчової промисловості є одним із складових впливу на прибутковість. У зв'язку з нестабільним електропостачанням та постійним здороженням цін на енергоносії існує потреба в модернізації холодильного обладнання для торговельних мереж для підвищення його енергоефективності.

Метою досліджень є виявлення найбільш ефективних засобів для покращення енергоефективності холодильного обладнання за допомогою застосування новітніх технологій.

Енергоефективність холодильного устаткування в ритейлі харчової промисловості є важливим завданням з погляду економічної ефективності, тому що зазвичай 50% спожитої електроенергії магазином припадає саме на холодильне обладнання. На сьогоднішній день для енергозбереження та підвищенні енергоефективності холодильного обладнання використовують наступні засоби: встановлення функцій плаваючого тиску конденсації, функції плаваючого тиску кипіння, плавного регулювання продуктивності компресора, встановлення електронних терморегулюючих клапанів, встановлення функцій адаптивного розморожування, встановлення електронно-комутованих вентиляторів – всі ці функції будуть ефективними, якщо мова йде про проектування і будову нового об'єкта, але на жаль не зовсім підходять для реконструкцій існуючих, тому що для реалізації потрібна глибока модернізація холодильного обладнання – що потребує великих капіталовкладень та зупинки магазину що є не припустимим, але є інший спосіб який підходить як і для нових так і для існуючих магазинів - це встановлення фасадних дверей на пристінні холодильні вітрини. Принцип роботи простий: при стандартному виконанні пристінних холодильних вітрин близько 80% навантаження створює тепле повітря, що надходить зовні, з торгового залу. Фактично вона починає працювати як кондиціонування торгового залу. Установка дверцят дозволяє знизити, а в деяких випадках виключити надходження повітря в робочий об'єм вітрини. Основна перевага встановлення дверцят – це можливість їхньої установки в стандартне обладнання, тобто не тільки на стадії реалізації об'єкта, а й під час експлуатації. При монтажі таких дверцят у торгове обладнання гарантоване досягнення суттєвого ефекту зниження витрат на споживану електроенергію. Використання склопакета для закриття вітрин дозволяє знизити холодноспоживання на 40%-50%. Згідно даних заводів виробників: регал Луїзіана виробник Heat-line, холодноспоживання 1,2кВт на 1м.п, з дверима 0,7кВт. Отже, суттєво зменшити потужність холодильного агрегату, конденсатора і обсяг монтажних матеріалів при будівництві нового об'єкта та зменшити час роботи компресора.

Оснащення склопакетами вітрини в існуючих магазинах дає додаткову економію електроенергії та найкраще зберігання продукції. Модернізація існуючих магазинів можна виконати без зупинки роботи холодильного обладнання і отже і роботу магазину.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vikhitline.com/en/refrigerated-multideck-cabinets-louisiana-5-mv-105-mt-d-m/>
2. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.aisberg.com/en/>



## ТЕХНОЛОГІЯ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ В РЕГУЛЬОВАНОМУ ГАЗОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Лисицький В. В., студент, e-mail: [jimmykraun@ukr.net](mailto:jimmykraun@ukr.net)

Науковий керівник аспірант Білий Д. В.,  
Державний біотехнологічний університет

Технологія регульованого газового середовища (РГС) є однією з найважливіших інновацій у системах зберігання фруктів і овочів, оскільки склад газу в сховищі впливає на термін їх зберігання. Даний спосіб зберігання полягає в тому, що в залежності від виду, сорту, ступеня зрілості та інших характеристик овочів та фруктів змінюється не тільки температура та вологість повітря у промислових фруктосховищах, а й співвідношення газів в атмосфері холодильників. Технологія РГС передбачає зменшення кисню ( $O_2$ ) і збільшення вуглекислого газу ( $CO_2$ ) порівняно з навколишньою атмосферою. Змінюючи концентрацію кисню та вуглекислого газу можна впливати на тривалість зберігання фруктів та овочів, зберігаючи смак, зовнішній вигляд, набір вітамінів та інших корисних речовин. Таким чином, при зниженні вмісту кисню у сховищах с РГС відбувається зниження інтенсивності «дихання» плодів, що веде до зменшення втрат вологи, уповільнення дозрівання та псування.

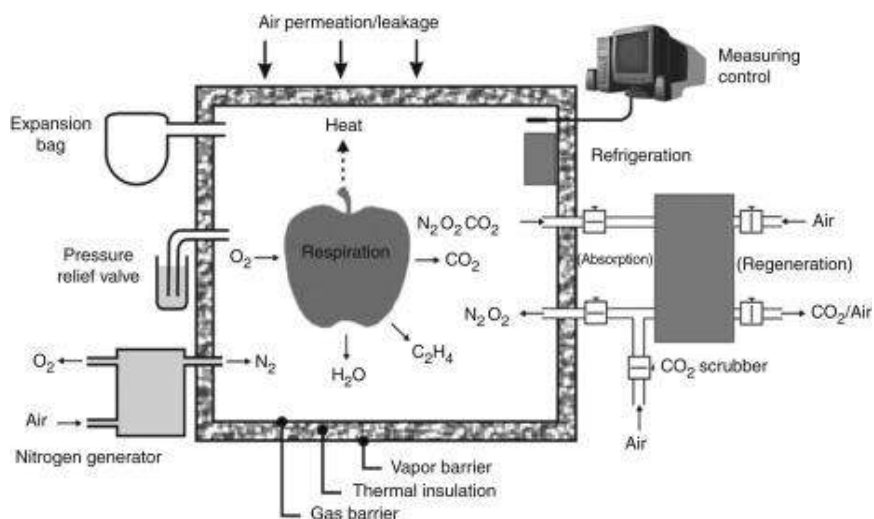


Рисунок 1 - Система регульованого газового середовища

Система підтримання регульованого газового середовища (рис. 1) складається з: генератору азоту, скрубберу вуглекислого газу, зворотних та запобіжних клапанів та аналізаторів газу. Генератор азоту призначений для початкового зниження в камерах концентрації  $O_2$ , скруббер або адсорбер – для видалення з камери  $CO_2$  і підтримання його концентрації на заданому рівні, що виділяється продукцією. Запобіжні клапани сприяють вирівнюванню тиску в камерах зберігання, щоб запобігти пошкодженню теплоізоляційної огорожі від зміни тисків, а система аналізаторів газу – здійснює періодичне вимірювання концентрації  $CO_2$  та  $O_2$ , і на підставі вимірюваних даних, система автоматичного керування включає відповідне обладнання для коригування режимами зберігання.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. M.V. Rama, P. Narasimham. 2-Advances in controlled atmosphere storage of fruits and vegetables Eco-Friendly Technology for Postharvest Produce Quality. 2016, P. 39-76.

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ СИСТЕМИ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ  
ХОЛОДИЛЬНИХ ОБ'ЄКТІВ

Мольський О. С., Ph.D. докторант, e-mail: [molskiyalex@gmail.com](mailto:molskiyalex@gmail.com)

Мольський С. М. експерт холодильної асоціації України, e-mail: [kriofor69@gmail.com](mailto:kriofor69@gmail.com)

Науковий керівник проф. Потапов В. О.  
Державний біотехнологічний університет

Напрямок даного дослідження - сучасні тенденції розвитку холодильних систем ритейлу - об'єктів роздрібної торгівлі харчовою продукцією, у зв'язку зі зміною традиційних холодоагентів (f-гази) на нові безпечні для довколишнього середовища холодоагенти.

Сучасні тенденції в системах холодопостачання - це поетапне зниження використання фторомістких парникових газів (f-газів) на 79% до 2030 року. Відповідно з вимогами законів по охороні навколишнього середовища будуть використовуватися холодоагенти: природні, на кшталт R717 (аміак, клас B2L), R744 (вуглецева кислота, клас A1), R290 (пропан, клас A3) та штучні холодоагенти з низьким показником GWP - R32, R1234yf, R1234ze, R455a та інші (клас A2L). Особисті характеристики кожного з цих холодоагентів впливають на вимоги їх використання в холодильному обладнанні. Використання токсичних холодоагентів в місцях перебування великої кількості людей неприпустимо, тому аміак (клас B2L) не розглядаються на даний час в об'єктах ритейлу. Також досить великі обмеження стосуються в обсягах заправки легкозаймистими холодоагентами (клас A3) та важкозаймистими холодоагентами (клас A2L). Нетоксичним та незаймистим є холодоагент R44 (клас A1), але цей холодоагент має критичну температуру  $\sim 31$  °C вище якої він не конденсується, холодильне обладнання працює в трансарктичному циклі з тиском більше ніж 73 бар та низькими показниками холодопродуктивності та енергопродуктивності.[1]

Умовно об'єкти роздрібної торгівлі харчової продукції можливо поділити за форматом та площею на: мінімаркети, малі супермаркети, супермаркети, гіпермаркети. Системи холодопостачання умовно поділяють на низькотемпературні (LT) та середньотемпературні споживачі (MT). Якщо ми розглянемо MT системи, то в свою чергу їх можна поділити на окремих споживачів з вбудованими агрегатами, та споживачів об'єднаних в одну систему з виносним агрегатом. Системи з виносними агрегатами використовують у торгівельній меблі теплообмінники охолодження повітря трьох типів за станом робочої речовини. Перший тип теплообмінників використовує теплообмін з рідким холодоагентом, який випаровується та з парою, яка частково перегрівається («Direct expansion»). Другий тип теплообмінників використовує теплообмін з рідким холодоагентом який подається в теплообмінник завдяки насосу («Pump»). Третій тип теплообмінників використовує теплообмін з проміжним холодоносієм - рідиною що не замерзає за низькою температурою («Brain»).[2] В першому і другому типах теплообмінників в якості основного холодоагенту розглядається R744. В третій групі в якості холодоносія можуть бути використані гліколі, розсоли, спирти, кислоти та R744 у стані рідини з тиском до 30 бар. Для охолодження холодоносія використовують зовнішні агрегати – чіллири, з використанням холодоагентів які відповідають безпековим і технічним вимогам. [3]

Ціль цієї роботи показати сучасні тенденції розвитку холодильних систем ритейлу у зв'язку зі зміною традиційних холодоагентів (f-гази) на нові безпечні для довколишнього середовища холодоагенти та холодоносії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. New f-gas. Regulation-consequences <https://www.bitzer.de/ua/en/documentation>
2. Системи охолодження на CO<sub>2</sub> для продовольчих магазинів дрібної торгівлі. Посібник по проектуванню. [www.danfoss.com/CO2](http://www.danfoss.com/CO2)
3. Посібник по проектуванню промислових холодильних об'єктів. [www.danfoss.com](http://www.danfoss.com)

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРСПЕКТИВ РОЗВИТКУ ВИРОБНИЦТВА  
БІОГАЗУ В УКРАЇНІ

Нечепоренко О. Г., магістр, e-mail: [oleh.necheporenko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:oleh.necheporenko@ieee.khpi.edu.ua)

Науковий керівник доц. Тарасенко О. М.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

Сучасний стан промисловості України характеризується високою вартістю та дефіцитом традиційних викопних видів палива, таких як природний газ та вугілля. Тому розвиток виробництва альтернативних видів палива і застосування його в промисловості є особливо актуальним.

Останнім часом все більше уваги приділяється розвитку біогазової галузі в Україні. Галузь виробництва біогазу інтенсивно розвивається протягом останніх 10 років. На теперішній час в Україні встановлено 83 біогазові установки, встановлена потужність яких складає від 125 кВт до 25 МВт. Загальна встановлена потужність всіх біогазових установок складає приблизно 140 МВт. Також побудовані 2 біометанові установки, які повністю готові до виробництва і подачі біометану в газову мережу. Виробництво біометану є дуже перспективним, тому що він готовий для закачування в газову мережу вже сьогодні, на відміну від інших альтернативних газоподібних палив (водень, коксовий газ та ін.). Крім того, біометанові заводи, окрім біометану, виробляють дигестат, який є перспективним органічним добривом.

Основними видами агросировини придатними для виробництва біогазу є: гній (послід), соломка, початки кукурудзи, лушпиння, відходи виноробства, покривні культури та інші види біомаси, що не може бути використана для виробництва продуктів харчування або кормів. Найбільш перспективною сировиною для виробництва біогазу (біометану) є: біогаз з покривних культур (30 – 35 % від загального виробництва), біогаз з поживних решток сільськогосподарських культур (20 – 25 %) та біогаз з силосу кукурудзи (до 15 %).

В Україні сприятлива структура сільськогосподарських підприємств для виробництва біометану, тому що велика частка крупних і середніх підприємств, в яких легше організувати виробництво біометану. Регіональний розподіл виробництва біометану в Україні має не рівномірний характер, найбільше біогазових установок встановлено в Вінницькій, Полтавській, Хмельницькій та Черкаській області.

Аналіз особливостей біогазової галузі дозволяє зробити висновок, що Україна має можливість виробляти велику кількість дешевого біогазу (біометану) та експортувати його на ринок ЄС, де потенційно може забезпечити до 20 % потреби ринку біометану. Експорт біометану надасть можливість залучати інвестиції та будувати нові біогазові станції і збільшувати обсяги виробництва біогазу, що дозволить зменшити залежність промисловості України від традиційних видів палива.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гелетука Г.Г., Кучерук П.П., Матвеев Ю.Б. Перспективи виробництва та використання біогазу в Україні. Аналітична записка БАУ №4. 2013. URL:: <http://www.uabio.org/img/files/docs/position-paper-uabio-4-ua.pdf>
2. Паламаренко Я. В. Сучасний стан та перспективи розвитку біогазової галузі України/Інвестиції: практика та досвід, № 21. 2019.. С. 54-62. DOI: [10.32702/2306-6814.2019.21.54](https://doi.org/10.32702/2306-6814.2019.21.54)
3. Гонтарук Я.В. Перспективи виробництва біогазу на цукрових заводах України. Східна Європа: економіка, бізнес та управління. 2022. Випуск 1 (34). С. 69–75. DOI: <https://doi.org/10.32782/easterneurope.34-12>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ  
МЕТАЛОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВНечипуренко С. І., магістр, e-mail: [stanislav.nechypurenko@ieee.khpi.edu.ua](mailto:stanislav.nechypurenko@ieee.khpi.edu.ua)Науковий керівник проф. Тарасенко М. О.  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»

В даний час у зв'язку з різким зростанням цін на енергоносії виробництво алюмінію в Україні та країнах Європи зменшується. Незважаючи на те, що виробництво алюмінію в Європі скорочується, попит на нього не знижується. Зростання населення Землі і розширення сфери застосування алюмінію, масове виробництво електромобілів і розвиток сонячної генерації, щорічно збільшують попит на цей метал на всіх ключових ринках збуту. Загальне споживання алюмінію в 2040 році може зрости з 86 млн до 148 млн тонн на рік (+72 %).

В Україні щорічно виробляється 210 тис. т алюмінію та близько 100 тис. тон отримують методом вторинної переплавки алюмінієвого брухту. Основними причинами для переробки алюмінієвого брухту є економічна доцільність і охорона навколишнього середовища. Виробництво вторинного алюмінію вимагає витрати тільки близько 5 % енергії від енергії, яка витрачається на виробництво первинного алюмінію.

Проведено аналіз теплової роботи печі та отримано реальний тепловий баланс плавильної печі. Аналіз енергопотоків виявив, що кількість тепла яке корисно використовується складає менш ніж 40 %. Встановлено, що основними є втрати тепла з відхідними газами які становлять до 60 %. Використання та повернення в піч утилізованої теплоти є необхідним заходом підвищення рівня енергозбереження промислових підприємств. Рекуперація теплоти, дозволяє економити до 30 – 40% споживаної енергії. В результаті, при тій же витраті палива кількість теплоти, одержуваної в процесі горіння, збільшується на 10 – 15 %. Утилізація теплоти відхідних газів відбувається в рекуператорах поверхневого типу для використання теплоти відхідних газів, в яких теплообмін між теплоносіями здійснюється безперервно через стінку, що їх розділяє.

Рекуператор встановлюється на шляху газів, що видаляються в димову трубу, а повітря в піч подається в середину труб за допомогою вентилятора. Виконані тепловий та аеродинамічні розрахунки трубчатого рекуператора який дозволяє отримати температуру повітря на виході 400<sup>0</sup>С. На основі отриманих результатів прийнято, що більш ефективним є установка рекуператора з протитечійною схемою руху теплоносіїв. Дослідження енергопотоків печі після установки рекуператора показав, що втрати тепла з відхідними газами зменшились на 15 %.

Крім утилізації теплоти димових газів, заходами для підвищення енергоефективності виробництва є: використання більш ефективного палива; використання плавильних агрегатів з більш високими параметрами продуктивності та ефективності; встановлення більш ефективних пальників; використання більш ефективних футеровочних матеріалів; удосконалення технології плавки; використання сучасних методів підготовки сировини до плавки; зниження тепловтрат на всіх виробничих етапах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розвиток технологій алюмінію з вторинної сировини/ О. М. Гринь, В. М. Бредихін, І. Ф. Червоний, М. О. Маняк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2013. - № 26 (999). – С.180 - 185.
2. Effect of multiple remelting on behaviour of AlSi5Cu3 Aluminium alloy. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785322027705>.

## АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ВИДІВ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Преподабний Д. В., e-mail: [555kaf.ietsp62@ukr.net](mailto:555kaf.ietsp62@ukr.net)

Науковий керівник проф. Семенюк Д. П.

Державний біотехнологічний університет

Альтернативна енергетика стає все більш важливою у світі через зростання свідомості про зміни клімату, зменшення запасів природних ресурсів та потребу в енергетичній безпеці.

**Сонячна енергія.** Сонячна енергія є одним з найшвидше зростаючих джерел енергії у світі. Сонячна енергія є безплатною та нескінченною, тому її використання не призводить до викидів CO<sub>2</sub>. Сонячна енергія є найбільш розповсюдженою та доступною формою альтернативної енергії. Крім того, сонячні панелі можуть бути встановлені на дахах будинків або земельних ділянках, що робить їх використання дуже гнучким. Недоліками сонячної енергії є високі витрати на виробництво та встановлення сонячних панелей, а також нестабільність виробництва енергії через зміни в погодних умовах та потребу у великій кількості землі для встановлення.

**Вітрова енергія.** Вітрові турбіни використовують силу вітру для генерації електричної енергії. Вітрова енергія є чистою та відновлювальною, а її використання не вимагає великих земельних ділянок або забруднюючих палив. Переваги: Вітрова енергія також є безплатною та нескінченною. Вона не викликає викидів CO<sub>2</sub> під час експлуатації. Вітрові ферми можуть бути встановлені як на суходолі, так і у водах океану, що розширює їхні можливості розміщення. Головними недоліками вітрової енергії є залежність від погодних умов, нестабільність виробництва енергії та можливість негативного впливу на птахів і навколишнє середовище.

**Гідроенергетика.** Гідроенергетика використовує енергію рухливої води для генерації електроенергії. Гідроенергетика є відновлювальною та надійною її використання не вимагає великих земельних ділянок або забруднюючих палив. Недоліками гідроенергетики є її вплив на екологію та водні ресурси, а також можливість виникнення конфліктів з місцевими спільнотами та природним середовищем.

**Біомаса.** Біомаса використовує органічний матеріал, такий як деревина, відходи їжі та біопалива, для генерації енергії. Це може бути як теплова енергія, так і електрична енергія. Біомаса є відновлювальним джерелом енергії, оскільки вона може бути вирощена або відновлена в короткі терміни. Вона може допомогти зменшити відходи та вплив на довкілля, оскільки використовує відходи від сільськогосподарського та лісового господарства. Використання біомаси може зменшити залежність від імпортованих джерел енергії та сприяти розвитку місцевої економіки. Переробка біомаси може вимагати великих капіталовкладень та технологічних процесів. Деякі методи виробництва енергії з біомаси можуть мати негативний вплив на довкілля, такі як викиди парникових газів у процесі газифікації або спалювання.

**Геотермальна енергетика.** Україна має певний потенціал розвитку геотермальної енергетики. Це обумовлено термогеологічними особливостями рельєфу та особливостями геотермальних ресурсів країни. Проте, на даний час наукові, геолого-розвідувальні та практичні роботи в Україні зосереджені тільки на геотермальних ресурсах, які представлені термальними водами.

Ці форми альтернативної енергії доповнюють одна одну і мають великий потенціал для заміни використання вуглеводнів та інших забруднюючих джерел енергії. Розвиток технологій та збільшення інвестицій у ці сфери може прискорити перехід до більш сталого енергетичного майбутнього.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альтернативна енергетика. Держенергоефективності. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/ae>.



## ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ОХОЛОДЖЕННЯ З НАСОСНОЮ ПОДАЧЕЮ РОБОЧОЇ РЕЧОВИНИ

Семенко Д. О., магістрант, e-mail: [myuniversalworkaddress@gmail.com](mailto:myuniversalworkaddress@gmail.com)Науковий керівник доцент Петренко О. В.  
Державний біотехнологічний університет

Альтернативною системам охолодження із безпосереднім кипінням холодоагента, особливо за великої довжини магістралей (більше 100 м), є системи охолодження з насосною подачею холодоагента. У цьому випадку вирішується проблема втрат у магістральних трубопроводах і зниження ККД холодильної установки.

Під час проектування цієї холодильної системи варто враховувати такі особливості: фреон у рідкій фазі завдяки насосам постійно циркулює через теплообмінники – охолоджувачі та ресивер. Випар у теплообмінниках відбувається лише частково, тому температурний перепад становить 1...2 К. Це головна перевага насосної подачі перед схемами з безпосереднім кипінням холодоагента, у яких температурний перепад становить 6...10 К. Для створення такого перепаду в теплообмінниках систем із безпосереднім кипінням певна ділянка теплообмінника працює як перегрівник холодоагента, тим самим знижуючи ефективну площу теплообміну. У циркуляційному ресивері постійно перебувають рідкий холодоагент і насичена пара, що знаходиться з рідиною в рівноважному стані. Компресори усмоктують із циркуляційного ресивера насичену пару, тобто існує постійна аварійна ситуація за «вологим ходом». Для запобігання аварійної ситуації на усмоктувальній магістралі повинна бути передбачена захисна автоматика (сепаратори рідини, регенеративні теплообмінники та ін.). У циркуляційний ресивер разом із фреоном попадає мастило. Необхідно передбачити систему повернення мастила в компресори. Це може бути система, що випарює частину фреону (який містить в собі мастило) на рідинній магістралі й повертає перегріту пару й мастило назад у компресор. Також можлива система сепарації мастила залежно від рівня рідкого холодоагента в ресивері.

Таким чином більш ефективна та надійна система насосної подачі холодоагента порівняно з системою з безпосереднім кипінням холодоагента за капітальними витратами буде набагато дорожча. У випадку проектування систем насосної подачі холодоагента великої продуктивності з економічної точки зору обґрунтовано включення до схеми конденсатора з водяним охолодженням (вода для зрошення конденсатора охолоджується в градирні) або конденсатора випарного охолодження. У цих випадках істотно знижується тиск конденсації, як наслідок знижується енергоспоживання й тим самим компенсуються витрати на підготовку води та обслуговування теплообмінних поверхонь, зрошуваних водою.

На наш погляд більш простим рішенням (особливо для середньотемпературних систем) є застосування систем із насосною подачею проміжного холодоносія, що виключає втрату продуктивності компресорів. Як джерело холоду в цьому випадку варто використовувати моноблочні чіллери повної заводської готовності. Охолоджений холодоносієм, як правило, водяний розчин гліколів, циркулює завдяки насосам системою сталевих або пластикових трубопроводів між чіллером і внутрішніми приладами охолодження (фенкойлами). Найбільш часто подібні системи («чіллер – фенкойл») можна зустріти в супермаркетах, великих офісах і готельних комплексах.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Петренко О. В. Використання сучасних інженерних рішень під час проектування систем холодопостачання на шляху до енергозбереження та енергоефективності / О. В. Петренко, Д. П. Семенюк // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі. - 2015. - Вип. 2. - С. 123-134.

На ринку кондиціонерів можуть виникати різноманітні проблеми, які впливають на виробників, продавців та споживачів. Самі найпоширеніші з них: екологічні питання; енергоефективність; витрати на обслуговування; якість повітря в приміщеннях; ціновий діапазон; технічні проблеми; конкуренція; регулювання; сезонність. Для вирішення цих проблем виробники та продавці кондиціонерів можуть зосереджуватися на розробці та впровадженні нових технологій, покращенні сервісу для споживачів, вдосконаленні процесів виробництва та співпраці з урядовими органами для встановлення стандартів та регулювань, які сприяють сталому розвитку галузі.

В свою чергу війна в Україні може вплинути на різні аспекти розвитку кондиціонування, зокрема:

- якщо Україна є виробником або постачальником ключових компонентів для виробництва кондиціонерів, війна може спричинити перерви в постачанні сировини або комплектуючих, що може призвести до збільшення вартості та складнощів у виробництві;
- війна може призвести до змін в економічних умовах, таких як, зміни курсів валют та зміни витрат на енергію, що може вплинути на попит та можливості виробників кондиціонерів;
- війна може спричинити зміни у виробничих ланцюгах та зміну геополітичних альянсів, що може вплинути на ринкові можливості для виробників кондиціонерів;
- військові дії можуть створювати загрозу для безпеки виробничих підприємств та транспортних маршрутів, що може призвести до перерв у виробництві та постачанні кондиціонерів.
- війна може спричинити зміни у роботі енергетичної інфраструктури, що може вплинути на доступність електроенергії та вартість виробництва та експлуатації кондиціонерів.

Подолання проблем, пов'язаних з війною в Україні щодо розвитку кондиціонування, вимагає комплексного підходу та спільних зусиль виробників, урядів, міжнародних організацій та інших зацікавлених сторін. Ось деякі можливі шляхи подолання цих проблем: виробники кондиціонерів можуть шукати нових постачальників сировини та комплектуючих з інших регіонів, щоб мінімізувати ризики перерв у постачанні; виробники можуть шукати нові ринки для експорту своїх продуктів та розвивати співпрацю з іншими країнами, для зменшення впливу війни на їхні бізнес-операції; виробники можуть зосередитися на розвитку більш енергоефективних та екологічно чистих технологій кондиціонування, що дозволить зменшити витрати на енергію та мінімізувати негативний вплив на довкілля; виробники можуть співпрацювати з урядовими органами та міжнародними організаціями для обміну інформацією та ресурсами для забезпечення безпеки виробництва та постачання в умовах війни; виробники можуть досліджувати та впроваджувати альтернативні джерела енергії, такі як сонячна енергія або вітрова енергія, що дозволить зменшити залежність від енергопостачання, порушеного війною; міжнародні зусилля для мирного врегулювання конфлікту в Україні та стабілізації економічної ситуації в регіоні також допоможуть зменшити негативний вплив війни на розвиток кондиціонування.

Ці заходи сприятимуть стабільному та здоровому розвитку галузі кондиціонування в умовах війни в Україні.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Огляд світового ринку кондиціонерів повітря 2022 року. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://eba.com.ua/oglyad-svitovogo-rynku-kondytsioneriv-povitrya-2022-roku/>

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ  
ХОЛОДИЛЬНИХ АГЕНТІВ У ХОЛОДИЛЬНІЙ ТА КЛІМАТИЧНІЙ ІНДУСТРІЯХ

Товстик О. С., здобувач, e-mail: [tovstyk.oleksandr@gmail.com](mailto:tovstyk.oleksandr@gmail.com)

Науковий керівник доц. Петренко О. В.  
Державний біотехнологічний університет

Відомо що, системи охолодження та кондиціонування забезпечують стратегічний рівень щодо безпеки функціонування безперервного холодильного ланцюга та підтримують критично важливий рівень температур, а також ще дають значний внесок у викиди парникових газів (GHG). Викиди GHG від систем охолодження та кондиціонування пов'язані зі споживанням ними енергії, одержаної з викопного палива, а також витоками холодоагентів, які мають високий потенціал глобального потепління (GWP).

Міжнародні політичні угоди, такі як Паризька угода і Монреальський протокол з Кігалійською поправкою до нього, визначають шляхи трансформації сектора холодильної та кліматичної індустрії у напрямку використання холодоагентів, що мають низький вплив на клімат і характеризуються низьким GWP.

Альтернативними холодоагентами, що мають низький вплив на клімат, можуть бути речовини природного походження (вуглеводні, аміак і діоксид вуглецю).

До альтернатив HFC, що мають низький потенціал глобального потепління (GWP), можна віднести холодоагенти природного походження, такі як вуглеводні (HC), аміак (NH<sub>3</sub>) та діоксид вуглецю (CO<sub>2</sub>), а також гідрофторолефіни (HFO). В таблиці за даними [1] наведено порівняльну характеристику щодо безпечності поширених на сьогодні холодоагентів.

Таблиця 1

Походження холодоагенту	Штучні – HFC			Природні		
	R-32	R-410a	R-134a	R-290	R-717	R-744
Номер холодоагенту						
Назва холодоагенту	Діфтор-метан	Пента-фторетан	Тетра-фторетан	Пропан	Аміак	Діоксид вуглецю
GWP	677	1725	1300	3	0	1
Клас за безпечністю згідно ISO 817:2014	A2L – низька токсичність і низька займистість	A1 - низька токсичність і займистість	A1 - низька токсичність і займистість	A3 - низька токсичність і займистість	B2L з високою токсичністю та низькою займистістю	A1 - низька токсичність і займистість

Як видно з таблиці штучним холодоагентам притаманні високі показники GWP, проте вони є більш безпечні в порівнянні з природними. Природним навпаки притаманні низькі або нульові показники GWP, проте вони характеризуються поганими показниками за безпечністю. З цієї причини холодильні та кліматичні системи, які працюють з використанням таких холодоагентів, потребують іншого підходу у частині проектування, монтажу, сервісного обслуговування та експлуатації, та потребують приділенню значної уваги щодо безпеки. На сьогодні єдиного вибору на користь то чи іншого холодильного агента для холодильної та кліматичної систем не існує, як не існує універсального конструктивного рішення даних систем.

#### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Вимоги безпеки і стандарти для виробників та операторів обладнання для штучного охолодження, кондиціонування повітря і теплових насосів (RACHP) в Україні. Методичні рекомендації / Julia Naack, Edgar Timm, Dietram Oppelt // HEAT GmbH, 2021 р. – 36 с.

## ЕЖЕКТОРНІ ХОЛОДИЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Толмачов О. В., e-mail: [555kaf.ietp62@ukr.net](mailto:555kaf.ietp62@ukr.net)

Науковий керівник проф. Семенюк Д. П.

Державний біотехнологічний університет

Перша ежекторна холодильна машина (ЕХМ), що працює на воді, була створена на початку 1900 року. До переваг пароводяної ежекторної холодильної машини (ПВЕХМ) відносяться її простота конструкції, надійність та безпека в роботі, малі капітальні та експлуатаційні витрати. Основними недоліками ПВЕХМ є: низькі енергетичні показники; необхідність у робочій парі порівняно високих параметрів; глибокий вакуум у випарнику та конденсаторі та необхідність видалення повітря із системи; великі габарити та маса ежектора та ежекторної холодильної машини; складності при отриманні температури кипіння у випарнику нижче 0°C. Саме ці недоліки, а також інтенсивний розвиток більш ефективних і компактних компресійних холодильних машин призвели до зниження інтересу до ПВЕХМ та різкого скорочення їх виробництва.

Сьогодні, у зв'язку з підвищеною актуальністю питань енергозбереження та охорони навколишнього середовища, інтерес до ПВЕХМ відновився. Однак незважаючи на велику кількість досліджень, в силу специфічних властивостей робочої речовини, що застосовується, більшість недоліків ПВЕХМ, у тому числі і низькі енергетичні показники, не можуть бути усунені. Заміна води низькокиплячими робочими речовинами дозволяє усунути більшість із перерахованих вище недоліків ПВЕХМ. Основними елементами ЕХМ є ежектор, парогенератор, випарник, конденсатор, терморегулюючий вентиль та живильний насос. ЕХМ працює в такий спосіб. Насичена робоча пара холодильного агента, що утворився в парогенераторі, з масовою витратою  $G_p$ , в результаті підведення теплоти від гріючого середовища, надходить у сопло ежектора, розширюється в ньому і всмоктує насичену пару, що має витрату  $G_0$ , з випарника. Стиснута в дифузорі ежектора суміш пари з витратою  $(G_p + G_0)$  надходить у конденсатор, де відбувається її зрідження. Рідина, що виходить з конденсатора, поділяється на два потоки, один з яких живильним насосом повертається в парогенератор, а другий – знижує свій тиск і температуру в терморегулювальному вентилі і надходить у випарник для виробництва холоду. Ежектор – струменевий апарат, призначений для всмоктування пари холодильного агента з випарника, їх стиснення та нагнітання в конденсатор. Аналогічні функції у схемі традиційної парокомпресійної холодильної машини (ПКХМ) виконує компресор. Основна відмінність ЕХМ від традиційної ПКХМ полягає в тому, що робота, що витрачається для виробництва холоду в циклі, не підводиться від зовнішнього джерела, а проводиться у самому контурі машини. Цикл ЕХМ поєднує в собі паросиловий цикл Ренкіна і зворотний цикл ПКХМ, а ежектор, у свою чергу, виконує функції турбіни, компресора і передавального механізму.

Надзвуковий ежектор складається із сопла, приймальної камери, камери змішування та дифузора. В ежекторі відбувається перетворення потенційної енергії робочого потоку в кінетичну енергію, яка частково передається потоку, що ежекується шляхом безпосереднього контакту. При русі проточної частини струминного апарату відбувається змішання потоків в камері змішування, вирівнювання їх швидкостей і зворотне перетворення кінетичної енергії змішаного потоку в потенційну енергію в дифузорі. В результаті обміну енергією та змішування потоків, утворюється змішаний потік із проміжним тиском. Ежектор працює в такий спосіб. Робочий потік із високим тиском і температурою надходить у сопло, де прискорюється до надзвукової швидкості зі зниженням тиску. Робочий потік, що виходить із сопла, підсмоктує потік, що ежекується, з випарника. Потоки змішуються в камері змішування і надходять у дифузор, де тиск змішаного потоку зростає до тиску конденсації.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Сучасні холодильні машини: принцип роботи. Офіційна сторінка. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://energoholod.com.ua/uk/blog/suchasn-holodiln-mashini-princip-roboti/>.

## ЗМІСТ

<b>СЕКЦІЯ 1. ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ</b>	<b>3</b>
<i>Абалмасов О. О.</i> <b>Оптимізація електричних мереж пристроями керованої компенсації реактивної потужності.....</b>	<b>3</b>
<i>Аліфіренко А. Ю.</i> <b>Сучасні проблеми забезпечення надійності електропостачання споживачів.....</b>	<b>4</b>
<i>Анопій І. І.</i> <b>Вдосконалення абсолютного радіометра з електричним заміщенням.....</b>	<b>5</b>
<i>Бодаква Б. Р.</i> <b>Енергетичний аудит технологічних процесів переробного заводу.....</b>	<b>6</b>
<i>Бунько Н. В.</i> <b>Автоматизована система диспетчерсько-технологічного управління об'єктами електроенергетики.....</b>	<b>7</b>
<i>Гаврилюк Д. С.</i> <b>Система енергетичного менеджменту об'єкту.....</b>	<b>8</b>
<i>Гладкий В. В., Левченко О. С.</i> <b>Система гібридного електропостачання контролера автоматики теплового пункту тепличного комплексу з локальними підсистемами контролю параметрів мікроклімату.....</b>	<b>9</b>
<i>Горюн О. О., Карпалюк І. Т., Донецька Т. С.</i> <b>Проблеми переходу на засоби безперебійного електропостачання в медичних установах.....</b>	<b>10</b>
<i>Губа Д. М.</i> <b>Вплив режимів роботи гідрогенератора на стан елементів кріплення осердя статора.....</b>	<b>11</b>
<i>Давлічен Р. О.</i> <b>Основні причини відмов апаратів керування і захисту.....</b>	<b>12</b>
<i>Дегтяр Я. Д., Карпалюк І. Т., Донецька Т. С.</i> <b>Підвищення втрат електричної енергії в результаті погіршення обліку від зниження її якості.....</b>	<b>13</b>
<i>Джадан Р. С.</i> <b>Огляд методів пошуку місць пошкоджень в кабельних лініях.....</b>	<b>14</b>
<i>Єрмак Д. А.</i> <b>Розширення функціональних можливостей автоматизованих систем моніторингу утворення ожеледі на ПЛ.....</b>	<b>15</b>



<i>Захватов М. Г.</i> <b>Огляд програмного забезпечення PQView для реалізації розподіленої інформаційно-вимірювальної системи для моніторингу якості електроенергії.....</b>	<b>16</b>
<i>Івасик В. О.</i> <b>Аналіз інформаційно керуючої системи промислової підстанції 35/10 кВ.....</b>	<b>17</b>
<i>Кравцова Д. С.</i> <b>Дослідження переваг мікропроцесорних релейних захистів.....</b>	<b>18</b>
<i>Куриленко К. О.</i> <b>Компенсація реактивної потужності у розподільних мережах.....</b>	<b>19</b>
<i>Levkin D., Kotko Ya.</i> <b>Development of methods to improve the efficiency of energy management for biotechnology systems.....</b>	<b>20</b>
<i>Левченко О. П., Семчишина Ю. О.</i> <b>Дослідження шляхів підвищення надійності роботи електромережевого господарства АПК України у сучасних умовах життя.....</b>	<b>21</b>
<i>Леденьов А. В.</i> <b>Підвищення якості та зниження втрат електричної енергії в сільських мережах 0,38-10 кВ.....</b>	<b>23</b>
<i>Логвін В. В., Карпалюк І. Т., Донецька Т. С.</i> <b>Вплив погіршення якості електропостачання на роботу електричних споживачів медичних установ.....</b>	<b>24</b>
<i>Логвиненко Н. В.</i> <b>Аналіз заходів компенсації реактивної потужності в електричних системах.....</b>	<b>25</b>
<i>Маляр В. О.</i> <b>Дослідження ефективності використання засобів компенсації реактивної потужності.....</b>	<b>26</b>
<i>Михайловський О. В.</i> <b>Аналіз факторів, що впливають на енергоефективність електричного транспорту.....</b>	<b>27</b>
<i>Мойсеєнко Д. Г.</i> <b>Прогноз втрат електричної енергії засобами нейронних мереж.....</b>	<b>28</b>
<i>Нефьодов В. М.</i> <b>Моделювання вартісно-цілових показників споживання електричної енергії в парадигмі інвестування.....</b>	<b>29</b>
<i>Пишиний О. В., Карпалюк І. Т., Донецька Т. С.</i> <b>Проблеми погіршення якості електричної енергії в мережі мегаполіса.....</b>	<b>30</b>
<i>Полієнко А. О.</i> <b>Аналіз шляхів підвищення надійності електричних мереж.....</b>	<b>31</b>

<i>Пономаренко С. О.</i> Дослідження методів дистанційного визначення місця короткого замикання на повітряних лініях.....	32
<i>Проскура В. Л.</i> Особливості управління енергоефективністю в національному університеті біоресурсів та природокористування України.....	33
<i>Радько І. В.</i> Основні недоліки в обліку електричної енергії.....	34
<i>Рибалка К. А.</i> Підвищення точності розрахунку технічних втрат електроенергії в мережах 110-10 кВ.....	35
<i>Розакова О. О.</i> Аналіз змін стандартних характеристик напруги електропостачання.....	36
<i>Сілецький В. Д.</i> Переваги приладів обліку електроенергії з дистанційною передачею даних.....	37
<i>Твердун А. С.</i> Аналіз заходів підвищення надійності системи електропостачання.....	38
<i>Тельной Д. С.</i> Обґрунтування використання PLC-технологій.....	39
<i>Тендітний В. В.</i> Моделювання однофазних замикань на землю в мережах 10 кВ за допомогою MATLAB Simulink.....	40
<i>Ткаченко О. В.</i> Аналіз методів і засобів визначення місця пошкоджень на ПЛ 6-35 кВ.....	41
<i>Федотов І. Д.</i> Перспективи використання вітро-сонячних енергетичних установок в Україні...	42
<i>Фоменко Б. В.</i> Причини небалансу електричної енергії під час її обліку.....	43
<i>Четверіков Ю. А.</i> Якісний розрахунок обмоток силового трансформатора як основа забезпечення якості ремонту.....	44
<i>Чістіков К. Ю.</i> Програмні засоби моделювання несиметричних режимів мереж.....	45
<i>Шумілін Д. С.</i> Автоматичне виявлення та ліквідація асинхронних режимів в електричних мережах напругою 110 кВ та вище.....	46

<i>Щусь В. М.</i> <b>Підвищення надійності роботи електромережевого господарства України у сучасних умовах життя.....</b>	<b>47</b>
<b>СЕКЦІЯ 2. ВІДНОВЛЮВАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА</b>	
<i>Алгаєв О. В.</i> <b>Розрахунок відображення поверхні гетероструктури Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>/Si.....</b>	<b>49</b>
<i>Бабін Б. Е.</i> <b>Дослідження впливу температури оточуючого середовища на характеристики накопичувачів електричної енергії.....</b>	<b>50</b>
<i>Биковський О. М.</i> <b>Перспективи розвитку галузі біоенергетики.....</b>	<b>51</b>
<i>Ботвінко А. М.</i> <b>Використання енергії від вітрових електростанцій.....</b>	<b>52</b>
<i>Влащенко Д. О.</i> <b>Обґрунтування структурно-параметричної схеми КСЕП.....</b>	<b>53</b>
<i>Волобуєв А. С.</i> <b>Підвищення ефективності використання сонячних установок.....</b>	<b>54</b>
<i>Волоткевич О. І.</i> <b>Виробництво і використання біогазу в аграрній сфері України.....</b>	<b>55</b>
<i>Ляшко В. О.</i> <b>Дослідження шляхів підвищення ефективності сонячних електростанцій.....</b>	<b>56</b>
<i>Немикіна О. В., Трембічев В., Немикіна О. С.</i> <b>Методика оцінки потенціалу зниження електроспоживання підприємства із застосуванням фотоелектричної системи.....</b>	<b>57</b>
<i>Нечеса Е. А.</i> <b>Дослідження комплексного економічного показника СЕС.....</b>	<b>59</b>
<i>Микитка Т. Г.</i> <b>Основні напрямки підвищення ефективності сонячних елементів.....</b>	<b>60</b>
<i>Мотайло М. С.</i> <b>Дослідження можливостей програми System Advisor Model при визначенні втрат енергії СЕС.....</b>	<b>61</b>
<i>Павлюк Д. О.</i> <b>Конструкції гібридних сонячних панелей.....</b>	<b>62</b>

<i>Пастушенко Р. Р.</i> <b>Дослідження режимів роботи електричних мереж з сонячними електричними станціями.....</b>	<b>63</b>
<i>Пиріг М. М.</i> <b>Огляд технологій фотоелектричної сонячної енергетики.....</b>	<b>64</b>
<i>Порада А. В.</i> <b>Аналіз теплового впливу гідроелектростанцій на екологію.....</b>	<b>65</b>
<i>Постернак О. С.</i> <b>Перспективи збільшення ККД сонячних ФЕМ.....</b>	<b>66</b>
<i>Руденко С. О.</i> <b>Дослідження життєвого циклу літій-іонних батарей СЕС за допомогою програми SAM.....</b>	<b>67</b>
<i>Рудичев О. В.</i> <b>Підвищення ефективності комбінованих систем автономного електропостачання з використанням альтернативних джерел енергії.....</b>	<b>68</b>
<i>Серов Л. О.</i> <b>Алгоритм машинного навчання для діагностики та управління мікромережі постійного струму.....</b>	<b>69</b>
<i>Сікора Д. В.</i> <b>Зарядка автомобільних акумуляторів від сонячних панелей.....</b>	<b>70</b>
<i>Сніжко А. О.</i> <b>Використання енергії від вітрових електростанцій.....</b>	<b>71</b>
<i>Сотнік О. В.</i> <b>Моделювання генерації СЕС за допомогою програми MATLAB/Simulink.....</b>	<b>72</b>
<i>Тоберт М. Ю.</i> <b>Визначення технічних та економічних параметрів енергетичних систем із сонячними електростанціями за допомогою програми System Advisor Model.....</b>	<b>73</b>
<i>Тоберт О. Ю.</i> <b>Симуляція руху сонячної панелі трекерної системи відносно сонця в середовищі MATLAB Simulink.....</b>	<b>74</b>
<i>Фиццик Ю. С.</i> <b>Аналіз принципів орієнтації і нахилу сонячних модулів.....</b>	<b>75</b>
<i>Царук О. В.</i> <b>Використання біогазових систем з адаптивними системами керування.....</b>	<b>76</b>
<i>Шальнев М. С.</i> <b>Дослідження ефективності використання комбінованих енергетичних комплексів на основі відновлюваних джерел енергії.....</b>	<b>77</b>

<i>Шаповалов Д. В., Погурська А. В.</i> <b>Визначення зольності палива рослинного походження.....</b>	<b>78</b>
<i>Шовкун А. С.</i> <b>Обґрунтування заходів щодо підвищення ефективності функціонування МСВДЕ.....</b>	<b>79</b>
<b>СЕКЦІЯ 3. ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА ТА РОБОТОТЕХНІКА</b>	<b>80</b>
<i>Безуглий В. Ю.</i> <b>Підвищення енергоефективності насосних установок з використанням автоматизованої системи управління з перетворювачем частоти.....</b>	<b>80</b>
<i>Богдановський Д. В.</i> <b>Система активної вентиляції в автономних сховищах.....</b>	<b>81</b>
<i>Бреславець Д. Р.</i> <b>Моделювання деяких режимів високодинамічного електропривода.....</b>	<b>82</b>
<i>Бутенко М. В.</i> <b>Автоматизована система керування температурою локального обігріву молодняка свиней.....</b>	<b>83</b>
<i>Величко І. А.</i> <b>Порівняння нейронних мереж перед математичними алгоритмами у робототехніці.....</b>	<b>84</b>
<i>Врублевський Ю. О.</i> <b>Безпаливна система кондиціонування повітря в свинарнику.....</b>	<b>85</b>
<i>Горгуленко Д. Ф.</i> <b>Аналіз процесу сушіння зерна кукурудзи.....</b>	<b>86</b>
<i>Городенчук О. В.</i> <b>Параметризація та апроксимація для представлення руху в 3D-моделюванні.....</b>	<b>87</b>
<i>Гулець К. Ю., Іванців Д. Б.</i> <b>Синтез системи керування електроприводом повороту промислового робота.....</b>	<b>88</b>
<i>Іванченко О. В.</i> <b>Підвищення ефективності електроприводу зерноочищувальної установки.....</b>	<b>89</b>
<i>Карпов Д. С.</i> <b>Розрахунок потужності двигуна живильного насоса водогрійного котла системи теплозабезпечення виробничих об'єктів та житлових осель.....</b>	<b>90</b>
<i>Климовець Є. С.</i> <b>Система активної вентиляції в адміністративних приміщеннях.....</b>	<b>91</b>



<i>Колесников К. І.</i> <b>Вимоги до діагностування електроприводів конвеєрних установок сільськогосподарських підприємств.....</b>	<b>92</b>
<i>Колій Р. О., Лихобаба Р. О.</i> <b>Оптимізація енергоефективного освітлення та опромінення для рослинництва та тваринництва.....</b>	<b>93</b>
<i>Колузаєв О. О.</i> <b>Удосконалення електроприводу теплоутилізаційної установки котельні.....</b>	<b>94</b>
<i>Костюк О. О.</i> <b>Імітаційне моделювання режимів роботи асинхронного двигуна приводу насоса системи водозабезпечення багатоквартирного будинку.....</b>	<b>95</b>
<i>Крамар Д. М.</i> <b>Вибір системи контролю стану турбогенераторів атомних електростанцій у стані зносу.....</b>	<b>96</b>
<i>Кузьменко М. К.</i> <b>Дослідження системи керування електроприводами з регулятором співвідношення швидкостей.....</b>	<b>97</b>
<i>Ладний Б. Б.</i> <b>Моделювання роботи вентиляційної установки за допомогою програми MATLAB/Simulink.....</b>	<b>98</b>
<i>Лац П. І.</i> <b>Вплив відхилення та несиметрії напруги на енергетичні характеристики дробарок.....</b>	<b>99</b>
<i>Ликов В. К.</i> <b>Автоматизована система активного вентилявання зерносховища.....</b>	<b>100</b>
<i>Мардзявко В. А., Руденко А. Ю.</i> <b>Зниження втрат елеватора під час транспортування зерна.....</b>	<b>101</b>
<i>Марченко В. В.</i> <b>Сучасні методи діагностики ізоляції електричних машин та апаратів.....</b>	<b>102</b>
<i>Марченко І. О.</i> <b>Підвищення енергоефективності вентиляційних установок тваринницьких приміщень з використанням автоматизованої системи управління з перетворювачем частоти.....</b>	<b>104</b>
<i>Монастир'єв О. С.</i> <b>Дослідження процесу виготовлення друкованої поліграфічної продукції з модернізацією системи керування електроприводу різальної машини.....</b>	<b>105</b>
<i>Матяш М. О.</i> <b>Аналіз джерел ультрафіолетового випромінювання для опромінення сільськогосподарських тварин і птиці.....</b>	<b>106</b>

<i>Назаренко А. Г.</i> <b>Аналіз факторів, які впливають на водоспоживання сільськогосподарських підприємств.....</b>	<b>107</b>
<i>Оберемко О. А.</i> <b>Аналіз умов забезпечення теплом житлових будівель на основі теплових насосів.....</b>	<b>108</b>
<i>Панасенко М. А.</i> <b>Аналіз типів конвеєрних електроприводів.....</b>	<b>109</b>
<i>Пашков Б. О., Солдатов Д. О.</i> <b>Замкнені системи керування асинхронним електроприводом механізму переміщення крану.....</b>	<b>110</b>
<i>Повелиця О. В.</i> <b>Методи синхронізації синхронного генератора із системою електропостачання....</b>	<b>111</b>
<i>Прокопенко В. С.</i> <b>Оптимізація режиму роботи генератора вітроустановки.....</b>	<b>113</b>
<i>Рашевський Р. С.</i> <b>Розробка системи керування електроприводом вентиляційної установки стоянкового боксу.....</b>	<b>114</b>
<i>Садовський І. В., Денчик І. А.</i> <b>Аналіз пускових режимів роботи сільськогосподарських робочих машин з функцією SOFT START.....</b>	<b>115</b>
<i>Семка Д. С.</i> <b>Удосконалення системи керування вентиляції в пташнику.....</b>	<b>116</b>
<i>Сербиненко В. А., Туменко Б. Ю.</i> <b>Автоматизація систем вентиляції для покращення якості повітря у виробничих приміщеннях.....</b>	<b>117</b>
<i>Сердюк А. А.</i> <b>Аналіз причин виходу з ладу зернових норій.....</b>	<b>118</b>
<i>Сідаш І. М.</i> <b>Моделювання асинхронних двигунів для дослідження аварійних режимів роботи.....</b>	<b>119</b>
<i>Ситник А. В.</i> <b>Удосконалення конструкції конвективної вакуумної шафи для сушки овочів.....</b>	<b>121</b>
<i>Славінський Д. В.</i> <b>Схема електрична принципова системи керування моторизованим респіратором.....</b>	<b>122</b>
<i>Смоляной Н. В.</i> <b>Створення газового середовища в овочесховищі для зберігання картоплі.....</b>	<b>123</b>

<i>Соловйова А. О.</i> <b>Методи пошуку відмов в електроустановках.....</b>	<b>124</b>
<i>Суришко Є. В.</i> <b>Дослідження енергоощадних режимів роботи електроприводів з асинхронним двигуном.....</b>	<b>126</b>
<i>Тесленко В. О.</i> <b>Оптимізація роботи електроприводів стрічкових конвеєрів у технологічних процесах транспортування зерна.....</b>	<b>127</b>
<i>Тесленко О. В.</i> <b>Особливості діагностики трифазних асинхронних двигунів як спосіб скорочення термінів та трудомісткості технічного обслуговування і ремонту.....</b>	<b>128</b>
<i>Турчак І. С.</i> <b>Аналіз функціональної схеми ПЧ CIMR Yaskawa A1000.....</b>	<b>129</b>
<i>Усс Д. С.</i> <b>Аналіз причин посилення порушення ізоляції обмоток статорів турбогенераторів з повітряним охолодженням.....</b>	<b>130</b>
<i>Устименко А. О.</i> <b>Підвищення ефективності роботи фотоелектричної панелі завдяки їх просторової орієнтації.....</b>	<b>131</b>
<i>Устименко О. А.</i> <b>Аналіз аварійних ситуацій електроприводів змішувачів кормів.....</b>	<b>132</b>
<i>Федоренко Я. О.</i> <b>Регульований електропривод насосу для аерації води в басейні.....</b>	<b>133</b>
<i>Чорна В. О.</i> <b>Розробка заходів по зниженню енерговитрат в електроприводах на зерноочишувальних комплексах.....</b>	<b>134</b>
<i>Шевченко М. В.</i> <b>Методи енергозбереження в електроприводах вентиляційних установок для сушіння зерна.....</b>	<b>135</b>
<i>Щербіна Є. С., Шевченко Є. Д., Скрипников І. В.</i> <b>Перевірка механізму переміщення крана-штабелера на стійкість руху без буксування коліс.....</b>	<b>136</b>
<i>Щербина В. О., Солоницький М. В.</i> <b>Моделювання систем електромеханічних властивостей асинхронних двигунів насосних станцій при частотному регулюванні швидкості.....</b>	<b>137</b>
<i>Якименко В. О.</i> <b>Системи керування двигунами із постійними магнітами у електроприводі транспортних засобів.....</b>	<b>138</b>

**СЕКЦІЯ 4. БІОМЕДИЧНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ  
ТЕХНОЛОГІЇ** **139**

*Аврунін О. О.*

**До питання удосконалення методів об'єктивізації ольфактометричних досліджень.....** **139**

*Андрущенко М. А.*

**Практичне використання технології MediaPipe Hands для детектування рухових розладів верхніх кінцівок.....** **140**

*Бондар А. О.*

**Засоби лазерної рефлексотерапії та епіляції з контролем фактору впливу.....** **141**

*Васильєва А. В.*

**Підвищення ефективності ідентифікації особи за біометричними показниками райдужної оболонки ока.....** **142**

*Гладкий В. В.*

**Дослідження можливості застосування радіокабелів марки RG213, LMR400 для передачі електромагнітних сигналів у діапазоні 5 ГГц.....** **143**

*Євсюков Я. О.*

**Обґрунтування придатності штучних джерел випромінювання в якості аттрактанту для комах шкідників.....** **145**

*Єрмолаєв Є. В.*

**Розрахунок антенного пристрою для сушки вовни в надвисокочастотному полі...**  **147**

*Заверталюк О. В.*

**Магнітна обробка поливної води та розчинів мінеральних добрив у теплицях.....** **149**

*Зінченко О. М.*

**Вплив зовнішніх чинників на дослідження біологічних об'єктів методом газорозрядної візуалізації.....** **150**

*Кантемир В. О.*

**Огляд сучасних робототехнічних пристроїв медицини.....** **151**

*Коломієць А. О.*

**Вода як основний чинник живлення в гідропонних технологіях.....** **152**

*Комаричев О. В.*

**Функціональні можливості сучасних електрокардіографів.....** **153**

*Краснокутська Т. С.*

**Неінвазивний метод сенсорного зворотного зв'язку для відтворення тактильної та теплової чутливості протезу руки.....** **154**

*Косуліна Н. Г., Мальцев К. В., Коршунов К. С.*

**Робот-хірург – апарат «DA VINCI» .....**  **155**

<i>Мельник В. В.</i> До питання радіаційного захисту та безпеки у ветеринарній радіології.....	157
<i>Місоченко С. Ю.</i> Ефективність застосування алгоритму Non-local means (NLM) для фільтрації біомедичних зображень.....	158
<i>Печеринський В. В.</i> Теоретичний аналіз зі знищення патогенних мікроорганізмів у вовні електромагнітним випромінюванням мм діапазону з її підігрівом.....	159
<i>Прісич О.Ю.</i> Можливості проведення дистанційних тренувань за сучасними відеотехнологіями.....	160
<i>Проскура В. Л.</i> Електрокоагуляція як технологічний процес очистки рідкої продукції.....	161
<i>Скубій О. М.</i> Цілюща дія повітря з його електричними властивостями.....	162
<i>Соколов А. А.</i> Методи застосування технологій доповненої реальності для навігації незрячих людей.....	163
<i>Сокольников А. О.</i> Інноваційні перспективи: біочорнила та 4D друк у біомедичній інженерії.....	164
<i>Трикуліч В. В.</i> Аналіз оптимальних параметрів лазера для діагностики та лікування судинної оболонки ока.....	165
<i>Федурця Ю. В.</i> Застосування технологій променевої терапії у ветеринарній онкології.....	166
<i>Філімонов С. О.</i> Кількісна оцінка КТ-параметрів тіла хребця собаки.....	167
<i>Хіміч В. Г.</i> Ультразвуковий метод роз'єднання біологічних тканин.....	168
<i>Шаповалов Д. О., Головінов О. О.</i> Сучасні методи використання електротехнологій для підвищення врожайності зернових культур.....	169
<i>Ібрагім Юнус Абделхамід</i> Можливості методу назальної спірометрії.....	170
<i>Юрковець Р. О.</i> Переваги 3D друку в біомедицині.....	171



*Яценко К. Ю.*

**Система комплексних засобів фізичної реабілітації хворих після ішемічного інсульту..... 172**

**СЕКЦІЯ 5. ІНТЕГРОВАНІ ПРОЦЕСИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕПЛО-ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ 173**

*Басов Ю. Е.*

**Переробка відходів з метою отримання біогазу..... 173**

*Бородай М. О.*

**Біогаз як паливо для промислових теплотехнологічних установок..... 174**

*Брага О. С.*

**Прогресивні технології при виробництві вина та виноматеріалі..... 175**

*Войтенко В. С., Кузнецов А. С.*

**Сучасні холодильні агенти для побутового холоду..... 176**

*Ворона Д. С.*

**Особливості проектування торговельного підприємства з централізованим холодильним обладнанням..... 177**

*Ворона Д. С.*

**Огляд сучасних методів швидкого заморожування харчових продуктів..... 178**

*Вязовіченко Ю. І.*

**Дослідження використання біогазу в теплотехнологічних агрегатах..... 179**

*Гандяк А. І.*

**Перспективи використання абсорбційних холодильних приладів в Україні..... 180**

*Голубєва Д. О.*

**Аналіз та перспективи застосування сучасних пароежекторних холодильних установок..... 181**

*Єрмоленко О. В.*

**Аналіз обладнання для приготування морозива..... 182**

*Здоров І. В.*

**Використання когерентних установок..... 183**

*Зубченко П. О.*

**Система енергоефективного теплозабезпечення будівель і споруд..... 184**

*Калита В. С.*

**Аналіз енергетичної ефективності схемних рішень холодильних машин для льодової арени НУХТ..... 185**

<i>Капауз К. О.</i> <b>Отримання рівняння регресії температури шару зерна пшениці при мікрохвильово-конвективному сушінні.....</b>	<b>186</b>
<i>Капуста Ю. О.</i> <b>Використання біогазу в високотемпературних промислових теплотехнологічних установках.....</b>	<b>187</b>
<i>Кравченко Є. О.</i> <b>Експериментальне дослідження процесів переносу теплоти і маси при мікрохвильовому нагріванні порошків для технічної кераміки.....</b>	<b>188</b>
<i>Кузнецов І. О.</i> <b>Підвищення енергоефективності холодильного устаткування в Рітейлі.....</b>	<b>189</b>
<i>Лисицький В. В.</i> <b>Технологія зберігання плодів в регульованому газовому середовищі.....</b>	<b>190</b>
<i>Мольський О. С., Мольський С. М.</i> <b>Напрямки розвитку системи холодопостачання холодильних об'єктів.....</b>	<b>191</b>
<i>Нечепоренко О. Г.</i> <b>Дослідження перспектив розвитку виробництва біогазу в Україні.....</b>	<b>192</b>
<i>Нечипуренко С. І.</i> <b>Дослідження заходів щодо підвищення енергоефективності металопереробних підприємств.....</b>	<b>193</b>
<i>Преподобний Д. В.</i> <b>Аналіз існуючих видів альтернативної енергетики.....</b>	<b>194</b>
<i>Семененко Д. О.</i> <b>Особливості проектування систем охолодження з насосною подачею робочої речовини.....</b>	<b>195</b>
<i>Скоромний Є. Л.</i> <b>Проблеми галузі кондиціонування в сучасних умовах.....</b>	<b>196</b>
<i>Товстик О. С.</i> <b>Перспективи та проблеми використання сучасних холодильних агентів в холодильній та кліматичній індустріях.....</b>	<b>197</b>
<i>Толмачов О. В.</i> <b>Ежекторні холодильні технології.....</b>	<b>198</b>

Наукове електронне видання  
Можна використовувати в локальному та мережному режимах

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

**МАТЕРІАЛИ ІІ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ**

2 квітня 2024 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 2.04.2024 р. Об'єм даних 16,2 Мб.

---

Державний біотехнологічний університет  
Вул. Алчевських, 44, Харків, 61002