

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

**РАДА МОЛОДИХ УЧЕНИХ ТА ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ**



**МАТЕРІАЛИ**

***ІХ ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТДАТУ***

***ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО***

**За підсумками наукових досліджень 2021 року**

**ФАКУЛЬТЕТ ЕНЕРГЕТИКИ І КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ**



Мелітополь, 2021

ІХ Всеукраїнська науково-технічна конференція здобувачів вищої освіти ТДАТУ. Факультет енергетики і комп'ютерних технологій: матеріали ІХ Всеукр. наук.-техн. конф., 10-25 листопада 2021 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2021, 239 с.

У збірнику представлено виклад тез доповідей і повідомлень поданих на ІХ Всеукраїнську науково-технічну конференцію здобувачів вищої освіти Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.

Тези доповідей та повідомлень подані в авторському варіанті. Відповідальність за представлений матеріал несуть автори та їх наукові керівники.

Матеріали для завантаження розміщені за наступними посиланням:  
<http://www.tsatu.edu.ua/nauka/n/rada-molodyh-vchenyh-ta-studentiv/konferenciji/>  
- сторінка Ради молодих учених та здобувачів вищої освіти ТДАТУ

Відповідальний за випуск: к.т.н., доцент Попрядухін В.С., відповідальна за науковий сектор РМУ ЗВО Ускова Світлана, 21 АІ

© Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, 2021

**ЗМІСТ**  
**Секція 1**  
**ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ І ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ**

1	Трансформатор тесла. Будова, принцип дії, застосування <i>Репешко В. С.</i>	9
2	Підвищення енергоефективності виробництва при переробці сільськогосподарської продукції <i>Чепак А.М.</i>	10
3	Модернізація технології приготування комбікормів <i>Петухов Є.А.</i>	14
4	Підвищення енергетичної ефективності термічної обробки кефіру <i>Сідельников Б.Ю.</i>	17
5	Плавка ожеlediці на проводах ЛЕП <i>Муслідинов А.Р., Жарікова А.О.</i>	20
6	Методи та засоби зниження технічних втрат електроенергії в елементах систем електропостачання <i>Дятков В.О., Жарікова А.О.</i>	22
7	Енергетична ефективність електроопалення <i>Шквиря В.В.</i>	24
8	Підвищення стабільності використання енергії вітру <i>Бурак О.Ю.</i>	29
9	Явище електроосмосу та його застосування в АПК <i>Коваль С.Д.</i>	32
10	Електрогідравлічний ефект – промисловий спосіб перетворення електричної енергії в механічну <i>Сомова Г.С.</i>	35
11	Використання двигуна Стірлінга в сонячних установках <i>Абаджян Є.Б.</i>	38
12	Перспективи застосування двигуна Стірлінга <i>Білецький О.Д.</i>	41
13	Розробка електротехнологічного комплексу для обробки сумішевого біопального ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем <i>Струков В.С.</i>	45
14	Конструктивні особливості пристрою для обробки сумішевого біопального <i>Риженко О.</i>	48
15	Застосування лазерно-гібридного зварювання в виробництві <i>Щербаков С.В.</i>	51
16	Шляхи підвищення ефективності схем автоматизації технологічного обладнання <i>Єфимов А. В.</i>	54
17	Особливості сонячних енергетичних систем	56

	<i>Явор М.Р.</i>	
18	Ядерна енергетика надійне джерело електроенергії під час пандемії COVID-19	58
	<i>Бурак О.Ю</i>	
19	Магнітно-вихровий нагрівач	61
	<i>Вдовін Б.В</i>	
20	Геотермальна енергетика в Україні	62
	<i>Глазирін І.М.</i>	
21	Системи автоматизованого проектування і їх структура	65
	<i>Шквиря В.В.</i>	
22	Підвищення точності виміру вологості зернової маси	69
	<i>Семитоцький О. В.</i>	
23	Визначення параметрів електромагнітного випромінювання для передпосівної обробки насіння\	70
	<i>Штерєб Ю. Т.,</i>	
24	Розробка скалярної системи керування електроприводом вентиляційної установки виробничого приміщення з іг - компенсацією	73
	<i>Нарожний В. О.,</i>	
25	Обґрунтування вимог до електромагнітної технології електронних систем для процесу зберігання фруктоовочевої продукції	77
	<i>Козлов К. С.,</i>	
26	Poultry farming, body structure features and quality control of poultry meat	80
	<i>Miroshnyk N. G.</i>	
27	Вирішення електротехнічної задачі з підвищення продуктивності тварин на основі електромагнітної технології для сільськогосподарського виробництва	82
	<i>Федоров В. М.,</i>	
28	Вирішення електротехнічної інженерної задачі на основі розробки електрофізичної технології захисту садів від комах шкідників в апк	85
	<i>Стукаленко О. О.,</i>	
29	Вирішення електротехнічної наукової задачі з підвищення врожайності тепличних овочів на основі електромагнітної технології в технологічних системах рослинництва	88
	<i>Сергєєва І. С.,</i>	

30	Електротехнічне обладнання та електромагнітні технології для ліквідації шкідників кореневої системи в технологічних системах рослинництва <i>Мерденов Ю. Ю.</i>	91
31	Електротехнічне обладнання та електромагнітні технології для підсушування вовни в технологічних системах апк <i>Кравцов В. А.</i>	92
32	Електротехнічне обладнання для неруйнівного контролю стану об'єктів, які знаходився під дією електромагнітного поля <i>Киричок В. О.</i>	93
33	Вирішення електротехнічної задачі з підвищення врожайності яблук на основі електромагнітної технології в технологічних системах рослинництва <i>Букир І. В.</i>	96
34	Дослідження функціональних можливостей реклоузера РВА/TEL-10 для резервування електромереж <i>Стахміч Д. О.</i>	99
35	Дослідження заходів з підтримання допустимих рівнів напруги в розподільних електричних мережах <i>Запорожченко Р. А.</i>	100
36	Дослідження систем електропостачання <i>Костюк С. Ю.</i>	101
37	Зменшення викидів CO <sub>2</sub> водогрійними котлами <i>Глазирін І.М.</i>	103

## Секція 2

### ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА І АВТОМАТИЗАЦІЯ

1	Аналіз критичної зміни провідності діелектриків поблизу фазових переходів <i>Котов Я.В.</i>	106
2	Застосування кабельних систем обігріву на промислових підприємствах <i>Слинько В. О.</i>	109
3	Огляд існуючих методів і технічних рішень по виявленню аварійних ситуацій в системах електропостачання <i>Сідельников Б.Ю.</i>	110
4	Сучасні технології управління процесами терморегуляції на базі під регулятора <i>Сахно І.</i>	113
5	Дослідження роботи цифрового пульсоксиметру на базі датчика МАХ30100 <i>Азархов О.Ю., Сілі І.І.</i>	118

6	Аналіз методів захисту повітряних ліній електропередачі від негативного впливу блискавки <i>Жгір І.М.</i>	120
7	Аналіз впливу вітряків на навколишнє середовище <i>Задорожнюк А.А.</i>	123
8	Аналіз конструкції вітрогенератора із сонячними панелями <i>Іванова Д.В.</i>	126
9	Особливості використання самонесучих ізольованих проводів <i>Кошель Є.М.</i>	128
10	Обґрунтування захисту від короткого замикання при навантаженні <i>Жарікова А.О., Кудінов К.С.</i>	131
11	Дослідження факторів, які впливають на корозію мідних контактів електрообладнання <i>Облещенко А.Д., Прядко К.О., Кудінов К.С.</i>	133
12	Аналітичний метод контролю ізоляції 6-10 КВ за допомогою трансформаторів напруги <i>Бурак О.Ю., Кудінов К.С.</i>	137
13	Обробка трансформаторного масла у вакуумних установках <i>Глазирін І.М., Кудінов К.С.</i>	140
14	Обробка масла фільтруванням <i>Нікульча М.В.</i>	142
15	Експлуатаційні зиски при використанні щоглових трансформаторних підстанцій <i>Удовиченко К.О.</i>	145
16	Калібрування плавких вставок запобіжників і забезпечення селективності їх спрацювання <i>Шквиря В.В.</i>	147
17	Сушіння ізоляції обмоток асинхронних електродвигунів постійним пульсуючим струмом постійним пульсуючим струмом постійної амплітуди <i>Щербаков С.В.</i>	150
18	Інтелектуальні датчики <i>Носань С.В.</i>	153
19	Прилад для розігріву і поліпшення кровотоку м'язів <i>Бісултанов А. М.</i>	156
20	Простий прилад для моніторингу електрокардіограми <i>Бісултанов А.М.</i>	161
21	Що таке цифрові підстанції <i>Ганюк О. А.</i>	164
22	НВЧ пристрій для виміру вологості ґрунту <i>Курятнікова Н. В.</i>	166
23	Деякі дії магнітного поля на біологічні об'єкти <i>МовчанВ. В.</i>	170

24	Використання правил нечіткої логіки при усунення неполадок ротора електродвигуни <i>Носань С. В.</i>	173
25	Адаптивний комплекс керування освітленням виробничого або побутового приміщення <i>Сидельников Б. Ю</i>	177
26	Вплив електромагнітних полів на технічні та біологічні об'єкти <i>Чепак А. М.</i>	182
27	Методика автоматичного визначення обсягу поливу рослин у теплицях <i>Беляєва А. С.</i>	188
28	Сучасне програмне забезпечення для моделювання MATLAB <i>Шквиря В. В.</i>	190
29	Переваги платформи ARDUINO <i>Щербаков С. В.</i>	193
30	Системи орієнтації сонячних панелей <i>Макенов П., Бурлаков А.</i>	195

### **Секція 3**

### **ЕЛЕКТРОТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

1	Діагностика електричних машин після капітального ремонту <i>Шарко Д. М.</i>	199
2	Обґрунтування параметрів датчика несиметрії напруг мережі <i>Іванов М. В., Щербаков С. В.</i>	200
3	Обґрунтування ефективного схемного рішення пристрою захисту від несиметричних режимів <i>Іванов М. В., Щербаков С. В.</i>	204
4	Аналіз пристроїв для виявлення механічних пошкоджень асинхронного двигуна <i>Макенов П. С., Курчанов А. А.</i>	206
5	Перетворювач асинхронного електроприводу підвищеної частоти <i>Біляєва А. С.</i>	209
6	Аналіз методів та засобів обмеження комутаційних перенапруг <i>Сидельников Б. Ю.</i>	211
7	Сучасний стан розвитку людино-машинного інтерфейсу <i>Смуригін М. В.</i>	214
8	Аналіз технічних засобів електроопалення житлових приміщень <i>Іванов В. С.</i>	215
9	Аналіз методів штучного навантаження трифазних асинхронних електродвигунів <i>Кот А. А.</i>	220

10	Розробка блоку захисту асинхронних двигунів пресу макаронних виробів <i>Щербаков С.В., Іванов М.В.</i>	224
11	Компенсація реактивної потужності як спосіб зниження втрат активної енергії в електричних мережах <i>Яцина Д.С., Курчанов А.А.</i>	225
12	Обґрунтування електропривода мініелектротрактора <i>Солдатова О.В.</i>	229
13	Пристрій захисту електродвигунів від аварійних режимів <i>Жарікова А.О.</i>	231
14	Система керування електродвигуном приводу подрібнювача вологих кормів <i>Кот А.А.</i>	234
15	Аналіз застосування електродвигунів для електромобілів <i>Бурак О.Ю.</i>	237



## СЕКЦІЯ 1

### ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ І ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ

#### **ТРАНСФОРМАТОР ТЕСЛА. БУДОВА. ПРИНЦИП ДІЇ. ЗАСТОСУВАННЯ**

**Репешко В. С., [viva.aviv@ukr.net](mailto:viva.aviv@ukr.net)**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Трансформатор Тесла (англ. Tesla coil) - пристрій, створений Ніколою Тесла і носить його ім'я, є резонансним трансформатором, що створює високу напругу високої частоти. Пристрій був заявлений патентом США № 568176 від 22 вересня 1896 року, як «Пристрій для створення електричних струмів високої частоти і потенціалу»[1,2,3].

Найпростіший трансформатор Тесла (рис.1) складається з двох резонансних контурів (первинного та вторинного), розрядника, підвищувального трансформатору напруги та джерела живлення.

Трансформатор Тесла працює в імпульсному режимі. Перша фаза - це заряд конденсатора до напруги пробною розрядника. Друга фаза - генерація

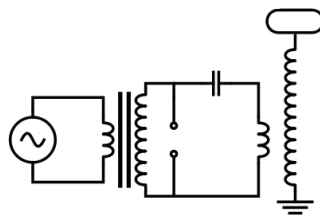


Рисунок 1 – Принципова схема трансформатора Тесла

високочастотних коливань за час розряду конденсатора на розрядник [1,2].

Таким чином, трансформатор Тесла являє собою два пов'язаних між собою коливальних кола, що і визначає його незвичайні властивості і є головною його відмінністю від звичайних трансформаторів. Для повноцінної роботи трансформатора ці два коливальних контури повинні бути налаштовані на одну резонансну частоту. Зазвичай підлаштовують первинний контур під частоту вторинного шляхом зміни ємності конденсатора і числа витків первинної обмотки до отримання максимальної напруги на виході трансформатора.

Вихідна напруга трансформатора Тесла, завдяки LC та хвильовому резонансів, може досягати декількох мільйонів вольт. Ця напруга при резонансній частоті здатна створювати значні електричні розряди в повітрі, які можуть мати багатометрову довжину.

Під час роботи трансформатор Тесла створює незвичайні ефекти, пов'язані з утворенням вихрового електромагнітного поля та різних видів

газових розрядів, таких як: стримери, спарки, коронний розряд, дуговий розряд [4].

Нікола Тесла за допомогою трансформатора проводив досліди з генерації і розповсюдження електричних коливань, спрямованих на управління пристроями на відстані без дротів, бездротової передачі даних і бездротової передачі електричної енергії великої потужності.

#### **Список використаних джерел**

1. Катушка Тесла. Устройство и виды. Работа и применение. URL:<https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrotehnika/katushka-tesla/>
2. Тесла катушка (трансформатор тесла). URL: <https://transformator220.ru/vidy/tesla-katushka-transformator-tesla.html>
3. GooglePatents. URL: <https://patents.google.com/patent/US568176A/en>
4. Гулевський В. Б., Постол Ю. О., Стручаєв М. І., Попрядухін В. С., Борохов І. В. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни “Електротехнології в АПК” для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр». Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с. URL:<http://www.tsatu.edu.ua/ettp/pidruchnyky-ta-posibnyky/>

**Науковий керівник:** *Гулевський В.Б., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА ПРИ ПЕРЕРОБЦІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Чепак А.М.,** [nastacepak349@gmail.com](mailto:nastacepak349@gmail.com)

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного*

### **Актуальність та постановка проблеми.**

Енерговитрати займають достатньо важливе значення із всіх витрат в будь якому технологічному процесі і це підтверджується все більшою увагою, яка приділяється проблемі енергозбереження існуючих технологічних ліній, які нині впроваджуються в переробній промисловості.

Керуючись вище зазначеною проблемою і аналізуючи вже існуючі способи її вирішення була поставлена задача по обґрунтуванню та розробці алгоритму управління технологічним процесом переробки сільськогосподарської продукції з застосуванням енергії ультразвукових хвиль. При цьому планується використовувати енергію ультразвукових хвиль як для виконання технологічної операції та і для отримання інформації про зміну властивостей кінцевого продукту з метою досягнення відповідної якості, а відповідно і зменшенню енерговитрат. Застосування запропонованого розробленого алгоритму виконано на прикладі приготування суміші з важкорозчинних речовин для процесу змішування, як найбільш енергоємному

та технологічно складному, впровадивши автоматизацію управління та контролю за допомогою ЕОМ.

### **Основні матеріали.**

В основі алгоритму управління технологічним процесом лежить порівняння значень швидкості звуку та частоти коливань, які отримують від датчиків з одного боку, та нормованого значення з іншого. В алгоритмі передбачено два режими роботи: ручний та автоматичний.

В ручному режимі ЕОМ виступає у вигляді порадики: попередньо ввівши нормоване значення оператор заносить, вручну з клавіатури дані, з датчиків які порівнюються з нормованим значенням. Якщо отримані значення дорівнюють нормованому або відрізняються від нього на  $\pm 0,5\%$  [3], то процес змішування закінчують, а в випадку коли значення з датчиків менше за нормовані, то цикл змішування повторюють. При перевищенні нормованого значення з датчиків, зупиняють процес, додають у суміш необхідну речовину, що розчиняється, потім повторюють процес. У кожному випадку на екрані монітору з'являються відповідні повідомлення.

В автоматичному режимі здійснюється імітація отримання сигналу безпосередньо від датчиків через інформаційний порт комп'ютера. Отримані значення порівнюються з нормативними величинами. На екрані з'являються отримані з датчиків дані та повідомлення про дії комп'ютера у відповідності до результату порівняння. Якщо отримані дані менші за нормативні, то на екрані з'являються повідомлення про повтор циклу та включення відповідного виконавчого механізму, дії супроводжуються двома короткими звуковими сигналами, а в випадку якщо отримані дані перевищують нормовані значення, то на екрані з'являються повідомлення про зупинку процесу, додавання речовини, що розчиняється, та повторення процесу, а також повідомлення про зупинку або роботу відповідних виконавчих механізмів. Дії супроводжуються одним коротким звуковим сигналом. Якщо отримані дані дорівнюють нормованому значенню, або відрізняються від нього на  $\pm 0,5\%$ , то на екрані з'являються повідомлення про зупинку процесу та відключення відповідного виконавчого механізму. Дії супроводжуються одним довгим звуковим сигналом.

Для впровадження запропонованого режиму роботи було розроблено алгоритм, який приведено (рис.1.), та програмне забезпечення за допомогою мови програмування Java для роботи в операційній оболонці Windows.

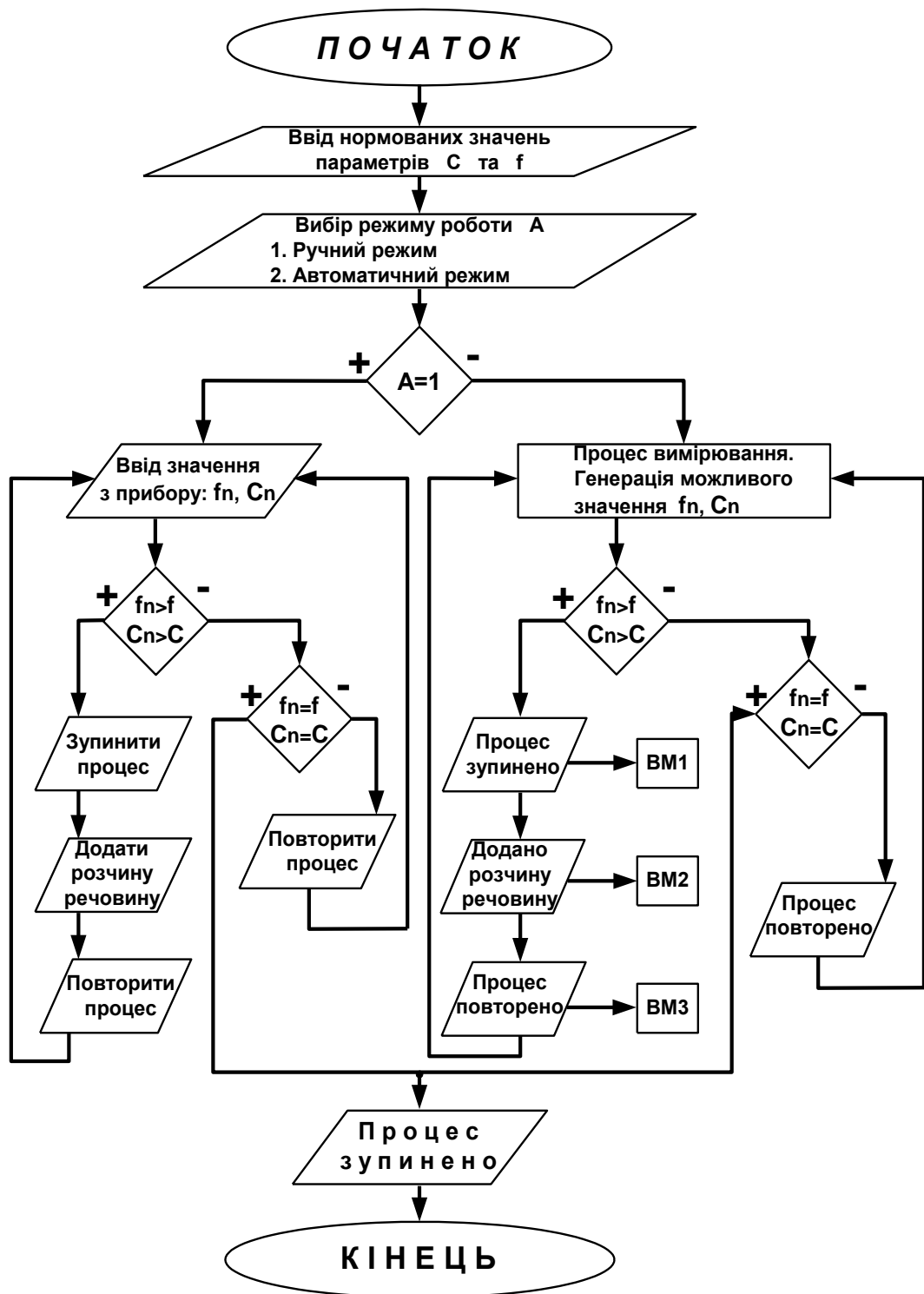


Рисунок 1 – Алгоритм управління технологічним процесом змішування з використанням ультразвукових хвиль.

Тестування розробленої програми в відповідності алгоритму виконувалось для режиму порадики та ручному режимі, результати приведено в таблиці 1.

Робота в автоматичному режимі приведена в вигляді залежності тривалості процесу від кількості наближень значень, отриманих комп'ютером з датчиків, до нормованої величини ( $f_n=20$  кГц), (рис.2).

Таблиця 1 – Результати тестування програми в ручному режимі

Задана величина		Нормативна величина		Можливість реагування
C, м/с	f, кГц	C, м/с	f, кГц	
1200	15	1470	20	Повторити процес
1580	25	1470	20	Зупинити процес Додати розчинної речовини Повторити процес
1470	20	1470	20	Зупинити процес

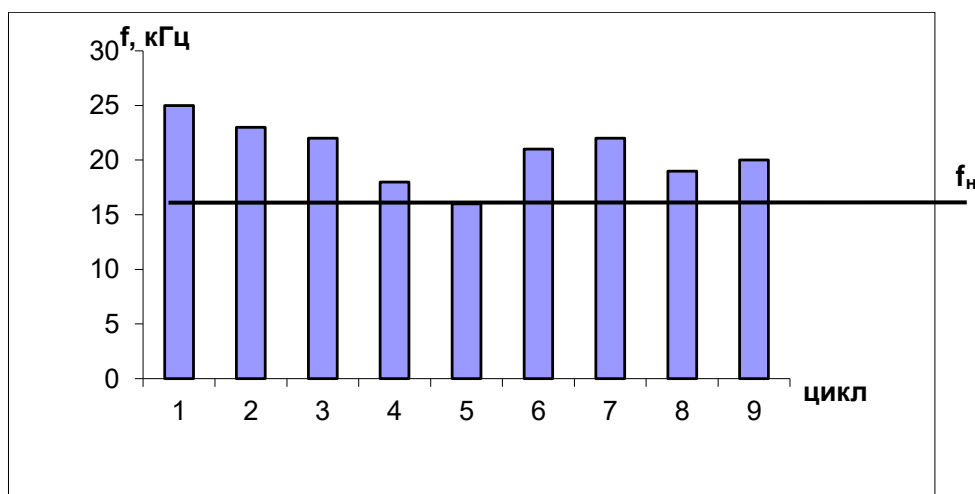


Рисунок 2 – Залежність зміни отриманих значень сигналу з датчиків (частоти) від кількості циклів.

В ручному режимі опитування оператором датчиків здійснюється через визначений технологічними умовами час, в автоматичному режимі ЕОМ опитує датчики через час, який може встановлюватися самостійно оператором в залежності від технологічного процесу.

В результаті досліджень та розробки використання ЕОМ в енергозберігаючих процесах переробки сільськогосподарської продукції з використанням ультразвукових коливань було виявлено те, що впровадження управління за допомогою ЕОМ дає змогу значно зменшити витрати електричної енергії, значно поліпшити якісні показники, а відповідно зменшити її собівартість. Можливість подальшого використання ЕОМ в енергозберігаючих технологіях при використанні енергії ультразвукових хвиль дозволить в перспективі розробити новітні технологічні процеси та лінії переробки продукції сільського господарства.

## **Список використаних джерел**

1. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості [Текст] / О. А. Литвиненко [та ін.]. - К. : РВЦ УДУХТ, 1999. - 88 с. - Бібліогр.: с. 75-86.
  2. Федоткін, І. М. Математичне моделювання технологічних процесів: Гідромеханічні процеси [Текст] / І. М. Федоткін, І. Ю. Бурляй, М. О. Рюмшин. - К. : Техніка, 2004. - 312 с
  3. Рогов И. А. и др. Дисперсные системы мясных и молочных продуктов / И. А. Рогов, А. В. Горбатов, В. Я. Свинцов. - М.: Агропромиздат, 1990. - 318 с.
- Науковий керівник:** *Борохов І.В., к.т.н., доцент кафедри ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОМБІКОРМІВ**

**Петухов Є.А.,** *[Email:egorpetuxov2019@gmail.com](mailto:egorpetuxov2019@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного*

### **Актуальність та постановка проблеми.**

Сучасним птахофабрикам найбільшу увагу слід приділити знаходженню внутрішніх резервів зниження собівартості та підвищення ефективності виробництва. Так, як найбільша питома вага в структурі собівартості 1 кг пташиного м'яса, займають витрати на покупку комбікормів (35-51%) то одним з важливих заходів у цьому напрямку є забезпечення кормової бази, а саме заснування нових або модернізація вже існуючих ліній по виробництву комбікормів

### **Основні матеріали.**

Основними операціями в процесі приготування комбікормів є подрібнення, дозування в визначеному співвідношенні та змішування різноманітних компонентів рослинного та тваринного походження, а також мінеральних та біологічно активних добавок.

Виходячи з вище зазначеного запропоновано технологічну схему модернізованого кормоцеху розсипних комбікормів з застосуванням електронних тензометричних вагових дозаторів (рис.1) в лінії основних компонентів та мікро добавок.

Кормоцех має наступні технологічні лінії: лінію мікродобавок, лінію основних компонентів і лінію змішування та вивантаження.

Лінія мікродобавок передбачає внесення до традиційного процесу руху компонентів істотних коректувань. Кожен компонент має індивідуальний привід типу ПШ-200-400 на вивантаженні. В бункерах інгредієнтів пропонується встановити датчики рівня і вібратори.

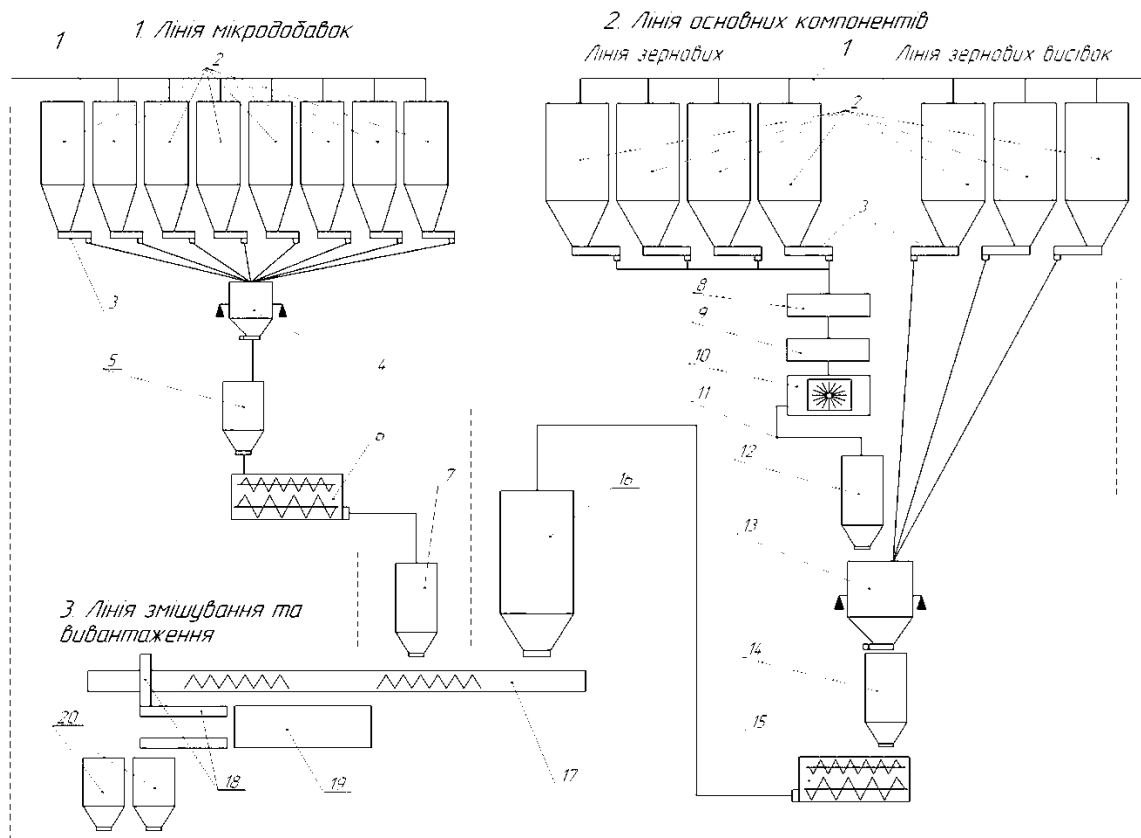
Після почергового дозування кожного компоненту інгредієнти накопичуються в бункері 5, при цьому дозатор 4 працює в циклічному режимі. Час кожного циклу, при восьми компонентах, становить 15хв. Після циклу накопиченні інгредієнти змішуються в змішувачі 6. Якщо в змішувачі заслінки на подачу немає, то в накопичувач 5 встановлюється заслінка на вивантаження. Для звільнення лінії для наступної дози вводиться бункер накопичувач 7.

Компоненти лінії зернових подаються вивантажними транспортерами в поперечний транспортер, при необхідності компоненти проходять вібросито 8 та луцильник 9. Проходячи через дробарку 10 норією 11 компоненти подаються в бункер накопичувач 12. Далі йде дозування основних компонентів по черзі. Дозування проводиться електронним тензометричним ваговим дозатором (максимальна доза зважування 500 кг, продуктивність 6,4 т/год), який працює в циклічному режимі. Час кожного циклу, при семи компонентах, становить 15хв. Після циклу накопиченні інгредієнти змішуються в змішувачі 15. Накопичувач 14 теж може мати заслінку на вивантаження якщо змішувач 15 такої заслінки не має.

Заздалегідь дозовані та змішані основні компоненти і мікродобавки знаходяться в бункерах, відповідно 16 і 7. Подавати ці компоненти в горизонтальний шнековий транспортер 17 необхідно, так, щоб сформувати лінію з двох шарів в пропорції 5:1.

Далі всі компоненти остаточно перемішуються проходячи через лінію шнекових транспортерів 18 і змішувач 19.

В результаті введення в експлуатацію електронних тензометричних вагових дозаторів для дозування компонентів можна досягнути таких переваг, як підвищення точності дозування компонентів, що в свою чергу підвищить якість комбікорму, та знизить витрату цінних мікроелементів. Додатково при застосуванні датчиків рівня та спеціального програмного забезпечення, керування технологічним процесом можна здійснювати при допомозі ЕОМ. При цьому відображення інформації здійснюватиметься за допомогою мнемосхем, що наочно демонструють хід технологічного процесу і стан виконавчих механізмів. Інформація з дозаторів буде реєструватися автоматично, її не можна знищити або змінити, що дозволяє керівникові постійно отримувати оперативні і достовірні відомості про роботу пристрою, а саме: журнал реєстрації зваженого матеріалу за зміну, підсумки за місяць, журнал аварійних ситуацій і та ін. За наявності зв'язку з пристроєм керування дані поступатимуть безпосередньо на комп'ютер керівника, інакше їх можна проглядати на дисплеї пристрою, що управляє технологічним процесом.



1 - поперечні транспортери; 2 - бункери компонентів; 3 - вивантажувальні транспортери; 4, 13 - електронні тензометричні вагові дозатори; 5, 7, 12, 14, 16 - накопичувальні бункери; 6, 15 - змішувачі компонентів; 8 - віброрито; 9 - лушительник; 10 - дробарка; 11 - норія; 17, 18 - шнекові транспортери; 19 - змішувач комбікорму; 20 - накопичувальні бункери готової продукції

Рисунок 1 – Технологічна схема модернізованого кормоцеху розсипних комбікормів:

Впровадження на виробництві електронних вагових тензометричних дозаторів дозволяє: виключити механічні вузли механічних дозаторів, схильних до зносу і засмічення; забезпечити дотримання дозування всіх інгредієнтів, згідно умовам технологічного процесу з похибкою до 0,2%; забезпечити достовірний облік витрати всіх інгредієнтів (з точністю до 99.97%) з реєстрацією на комп'ютері підбиттям підсумків за будь-який період часу; повністю виключити всі релейні схеми блокування; значно підвищити рівень техніки безпеки; підняти культуру виробництва на вищий рівень.

#### Список використаних джерел

1. Єгоров, Б.В. Технологія виробництва комбікормів [Текст]: підруч. для вищ. навч. закладів / Б.В. Єгоров. – Одеса.: Друкарський дім, 2011. – 448 с.
2. Шаповаленко, О.І. Шляхи розвитку виробництва комбікормів в Україні [Текст] / О.І. Шаповаленко, Т.І. Янюк // Проблеми розвитку сучасних комбікормових технологій. Матеріали науково-практичної конференції з міжнародним участям, посвященої 115-летию со дня рождження професора Демидова П.Г. 26 – 27 юня 2008 г. – Одеса, 2008. – С. 16 – 22.



3. Подобєд, Л. І. Комбікорми і кормосуміші для молодняка сільськогосподарських тварин. — К. : Урожай, 1994. — 144 с.

**Науковий керівник:** *Борохов І.В., к.т.н., доцент кафедри ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

УДК 637.146.21

## ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КЕФІРУ

*Сідельников Б.Ю., студент ІІ МБЕЕ, E-mail: bogdansidelnikov@gmail.com*  
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Актуальність.** Кефір, це унікальний за своїми якостями кисломолочний продукт. Кефір рекомендують при захворюваннях шлунково-кишкового тракту, печінки, підшлункової, при ожирінні. Кефір вважається корисним для здоров'я, оскільки він містить пробіотики та інші корисні речовини. Існують два способи виробництва кефіру термостатний та резервуарний. Виробництво кефіру включає наступні етапи теплової обробки: пастеризацію, охолодження до температури заквашування, витримка після сквашування, охолодження до температури дозрівання[1]. На сьогоднішній день актуальним є питання зниження витрат енергії на термічну обробку та покращення якості кефіру. Для цього можна використати пристрій термостатичної обробки кефіру.

**Постановка проблеми.** Існують різні способи термообробки продуктів. Найбільш близьким аналогом запропонованої корисної моделі, прийнятим за прототип, є пристрій для термообробки харчових продуктів, що містить теплоізольовану камеру, теплогенератор, вентилятор подачі теплого повітря, повітророзподільний канал з отворами для подачі теплого повітря, екран, вентилятори внутрішньої рециркуляції, ємності з продукцією, піддони.

В основу корисної моделі покладено задачу удосконалення пристрою термостатичної обробки кефіру шляхом введення нових конструктивних елементів, які дозволять спростити обслуговування пристрою, знизити витрати енергії на термічну обробку, покращити якість кефіру.

**Основні матеріали дослідження.** Поставлена задача вирішується тим, що у пристрої термостатичної обробки кефіру, який містить теплоізольовану камеру, вентилятор подачі теплого повітря, теплогенератор, екран, вентилятори внутрішньої рециркуляції, ємності з продукцією, піддони, повітророзподільний канал з отворами для подачі теплого повітря[2], згідно запропонованої корисної моделі встановлено витяжний рециркуляційний вентилятор, який розміщено на даху камери, вентилятори внутрішньої рециркуляції розташовано зсередини бічних стін камери, повітророзподільний канал обладнано повітророзподільними насадками.

Пристрій термостатичної обробки кефіру містить теплоізольовану камеру 1, вентилятор подачі теплого повітря 2, теплогенератор 3, витяжний рециркуляційний вентилятор 4, розміщений на даху камери 1, екран 5, вентилятори внутрішньої рециркуляції 6, які розташовано зсередини бічних стін камери 1, ємності 7 з продукцією[3], піддони 8, повітророзподільний канал 9 з отворами для подачі теплого повітря (не позначено), обладнаний повітророзподільними насадками 10.

Пристрій термостатичної обробки кефіру використовують наступним чином.

В цеху термічної обробки кефіру монтується теплоізольована камера 1 та теплогенератор 3, на дні камери 1 встановлюють повітророзподільний канал 9 з отворами для подачі теплого повітря (не позначено), обладнаний повітророзподільними насадками 10, вентилятори внутрішньої рециркуляції 6 закріплюють зсередини бічних стін камери 1. Витяжний рециркуляційний вентилятор 4, встановлюють на даху камери 1, та під'єднують його до входу теплогенератора 3. Вентилятор подачі теплого повітря 2 під'єднують повітропроводами (не позначено) до виходу теплогенератора 3 та входу повітророзподільного каналу 9. В камері 1 на піддонах 8, розміщують ємності 7 з кефіром, над ними закріплюють екран 5. Після включення теплогенератора 3, включають вентилятор подачі теплого повітря 2, який починає подавати, через повітророзподільний канал 9 з отворами для подачі теплого повітря (не позначено), обладнаний повітророзподільними насадками 10, тепле повітря всередину теплоізольованої камери 1 термічної обробки кефіру. Далі включають вентилятори внутрішньої рециркуляції 6 та витяжний рециркуляційний вентилятор 4, завдяки чому забезпечується турбулізація потоків, а екран 5 затримує тепле повітря в зоні розташування ємностей 7 з кефіром, що скорочує витрати пального на підігрівання повітря в теплогенераторі 3. Ємності 7 з кефіром витримують в камері 1 при передбаченій програмою температурі до повного виготовлення кефіру. Далі цикл повторюють з новою партією кефіру.

Технічна суть роз'яснюється кресленням, на якому представлено схематичне зображення пристрою термостатичної обробки кефіру (рис. 1).

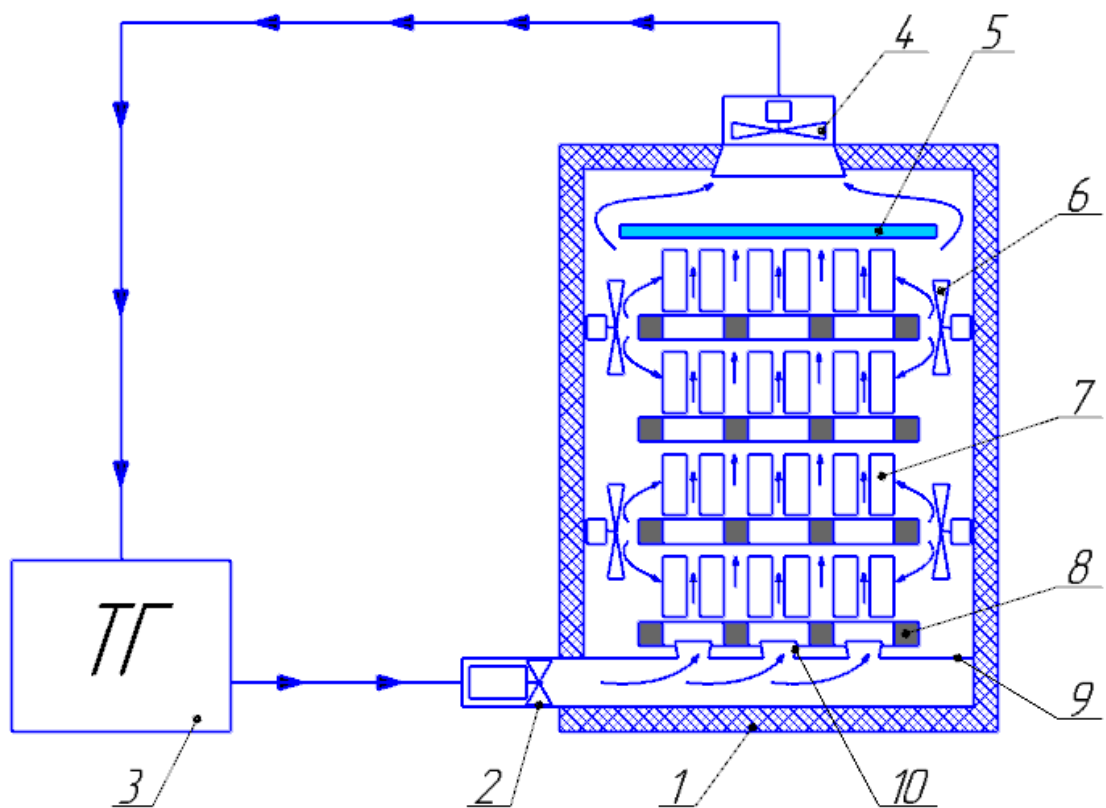


Рисунок 1. Схема пристрою термостатичної обробки кефіру: 1 - теплоізольована камера, 2 – вентилятор подачі теплого повітря, 3 - теплогенератор, 4 - витяжний рециркуляційний вентилятор, 5 - екран, 6 – вентилятори внутрішньої рециркуляції, 7 – ємності з кефіром, 8 – піддони, 9 - повітророзподільний канал отворами для подачі теплого повітря (не позначено), 10 - повітророзподільні насадки



Рисунок 2. Підготовка ємностей з кефіром до термостатичної обробки

**Висновок.** Використання пристрою термостатичної обробки кефіру запропонованої конструкції завдяки встановленню вентиляторів внутрішньої рециркуляції зсередини бічних стін камери та обладнанню повітророзподільного каналу повітророзподільними насадками для турбулізації потоку нагрітого повітря, спрощується обслуговування пристрою,

на відміну від прототипу в якому для цього використовують жалюзі, що перекривають поперечний переріз, кожна з пластин яких забезпечена автономним ручним приводом повороту, а встановлення витяжного рециркуляційного вентилятора, який розміщено на даху камери, дозволяє знизити витрати енергії [4] на термічну обробку і покращити якість кефіру.

#### **Список використаних джерел**

1. Підвищення енергоефективності охолоджувача молока для малих ферм/ Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Праці ТДАТУ: наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2017. Вип. 7, т. 1 С. 248-252. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4595>
2. Thermophysical calculations the process of cooling the fermented milk clot [Теплофізичні розрахунки процесу охолодження сквашеного згустку молока] / Struchaiev M., Postol Y., Tarasenko V., Palianychka, N. Праці ТДАТУ: наукове фахове видання. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 21, т. 1 С. 19-27. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/13967>
3. Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2017. Вип. 187. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4844>.
4. Енергоефективність та енергозбереження. / Трикоз В. Галавура М., Постол Ю.О., Стручаєв М.І. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали I Всеукраїнської інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/11751/1/>
5. Постол Ю. О., Стручаєв М. І. Підвищення енергоефективності та енергозбереження використання низькопотенційних джерел енергії в органічному циклі Ренкіна. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 74-77. – URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezisy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 10.10.2021).

**Наукові керівники:** *Стручаєв М.І., к. т. н., Постол Ю.О., к.т.н., кафедра ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

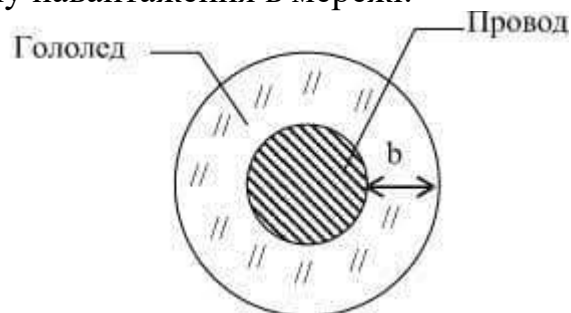
**УДК 332.145 : 58.26**

### **ПЛАВКА ОЖЕЛЕДИЦІ НА ПРОВОДАХ ЛЕП**

**Муслієдінов А.Р., Жарікова А.О.** *e-mail: alimmusledinov9@gmail.com*  
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Основні матеріали дослідження.** При переміщенні повітря над поверхнею землі теплі маси, що містять вологу у вигляді водяної пари, приходять у

зіткнення з холодним повітрям. Краплі туману, дощу та мокрий сніг, що осідають на проводах, тросах і конструкціях опор, що мають негативну температуру утворюють лід або ледяну масу, що змерзла навколо проводів. Це явище називається ожеледицею. В енергосистемі застосовуються кілька способів плавки ожеледиці: плавка за способом короткого замикання; плавка способом зустрічного включення фаз джерел; плавка за способом перерозподілу навантажень; плавка за способом накладання струмів; плавка за способом короткого замикання. При плавленні ожеледиці струмом короткого замикання лінію, що обігривається, слід закорочувати з одного кінця, а з іншого до неї необхідно підвести напругу, достатню, щоб забезпечити протікання по проводах необхідного для плавки струму. У методі трифазного короткого замикання плавка ожеледиці проводиться відразу на всіх фазах. При застосуванні способу двофазного короткого замикання плавку ожеледиці на лінії слід проводити спочатку на двох фазах, а потім на третій у поєднанні з одним з проводів, що звільнилися від ожеледиці. Якщо плавка виробляється від шин мережі, то напруга може змінюватися в обмежених межах, відповідно обмежено може змінюватися довжина лінії, що обігривається. Спосіб зустрічного включення фаз полягає в тому, що на одному кінці лінії дроту приєднуються до фаз А, В і С, а на іншому - відповідно В, С і А або С, А і В. Таким чином, на лінію, що обігривається, подається не фазна напруга як при способі короткого замикання, а лінійне. Плавка ожеледиці за способом зустрічного включення може застосовуватися для ліній, розташованих між сусідніми підстанціями, що мають потужні зв'язки ліній високої напруги, при паралельних лініях і в кільці. Плавка за способом перерозподілу навантажень. При такому способі плавлення струмове навантаження лінії підвищується шляхом перерозподілу навантаження в мережі.



**Висновки.** При значних ожеледних відкладеннях можливі обриви проводів і поломка деталей опор або самих опор, тому повинні бути вжиті заходи щодо видалення ожеледиці з проводів лінії методами змінного струму.

**Список використаних джерел:**

1. <https://leg.co.ua/arhiv/vl-arhiv/predotvraschenie-i-likvidaciya-gololednyh-avariy-9.html>
2. <https://naturalsciences.ru/ru/article/view?id=30372>
3. <http://electricalschool.info/main/vl/1476-plavka-gololeda-na-provodakh-linijj.html>
4. <https://marketelectro.ru/content/zashchita-provodov-ot-obledeneniya>

**Науковий керівник:** *Попрядухін В.С., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЗНИЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕМЕНТАХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**Дятков В.О., Жарікова А.О.** *E-mail: [vlad.dyatckov2003@gmail.com](mailto:vlad.dyatckov2003@gmail.com)  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

### ***Класифікація і структура втрат електроенергії.***

Однією з характерних особливостей функціонування електричних систем є те, що в кожний момент часу існує точний баланс для активної та реактивної енергії і потужності. Транспортування і перетворення електричної енергії завжди відбувається з витратами самої енергії. Внаслідок цього деяка її частина витрачається на транспортування по лініях електропередач і перетворення в трансформаторах. Для більш чіткого розуміння фізичних явищ, що відбуваються в електричних мережах, поряд з виразом «втрати електроенергії», широкоживається термін «витрати електричної енергії в електричних мережах на її транспортування», «транспортні витрати електроенергії» або «технологічні витрати електроенергії». Рівень цих втрат визначається кількістю переданої енергії, параметрами проводів і трансформаторів, рівнями напруг у центрах живлення, наявністю пристроїв компенсації реактивної потужності – тобто технічним станом мереж і рівнем їх експлуатації. Для скорочення цей вид втрат в подальшому буде називатися технічними втратами і означати витрати електроенергії в елементах мереж при її передачі, розподіленні і перетворенні.

Для визначення економічної ефективності всіх заходів по зниженню втрат електроенергії потрібно порівняти величину зменшення витрат коштів на втрати електроенергії  $\Delta C_e$  з величиною збільшення витрат коштів на амортизацію і обслуговування  $\Delta C_a$ . Але заходи по зниженню втрат потребують початкових витрат коштів  $K$ . Якщо величина зниження коштів на втрати електроенергії буде більшою від величини збільшення витрат коштів на амортизацію і обслуговування, то щорічні витрати  $\Delta C$  коштів на експлуатацію будуть менші після впровадження заходів по зниженню втрат електроенергії. Зменшення щорічних витрат коштів повинно бути таким, щоб початкові витрати окупились за строк менший, ніж нормативний строк окупності капітальних вкладень  $T_0$ . Строк окупності капітальних вкладень  $T_0$  – це час, протягом якого зменшення щорічних витрат коштів досягне розміру капітальних вкладень, які зумовили економію щорічних витрат коштів. Отже, строк окупності можна визначити за формулою:

$$T_0 = \frac{K}{\Delta C} = \frac{K}{\Delta C_e - \Delta C_a}$$

Загальна методика виконання робіт по обґрунтуванню розрахункових рівнів втрат електроенергії складається:

- зі збирання даних для проведення розрахунків втрат електроенергії та аналізу роботи мережі;
- визначення втрат електроенергії в елементах мережі;
- вибору заходів по зниженню втрат електричної енергії;
- визначення початкових витрат коштів на здійснення заходів по зниженню втрат

Показники	Структура показника	Значення показників		
		Мінімальні	Середні	Максимальні
Втрати електроенергії, % до відпуску електроенергії у мережу	Загальні У лініях	3,1	4	6,5
	У трансформаторах	0,1	1,2	3,9
		2,5	2,9	3,2
Втрати електроенергії, % до загальних втрат у мережі	Від навантаження у лініях	3,5	30	62
	Від навантаження у трансформаторах	15,9	26	43,6
	Умовно-постійні у трансформаторах	21	44	67,3

- електричної енергії та величину втрат електричної енергії після впровадження заходів;
- порівняння приведених витрат і визначення заходів, які мають найменші приведені втрати.

Таблиця 1 – Оптимальне значення втрат електроенергії у мережах напругою 10 кВ

У мережах, спроектованих за мінімумом приведених витрат коштів з врахуванням обмежень за умов забезпечення якості електроенергії і надійності електропостачання, рівень втрат електроенергії вважається економічно обґрунтованим, тобто оптимальним. Для визначення цього рівня використовують розрахунки, результати яких наведені у таблиці 1

**Висновок:** В результаті проведеного аналізу встановлено, що зміна технічних втрат визначається:

- постійною зміною конфігурації мереж, внаслідок їхньої реконструкції;
- змінами умов і інтенсивності експлуатації, а також технічного стану

елементів систем електропостачання за час експлуатації. Останнє обумовлено тим, що при експлуатації систем електропостачання технічний стан елементів електрообладнання погіршується через їх знос та старіння внаслідок впливу факторів середовища в умовах яких вони працюють (кліматичних, механічних, режимних, електромагнітних та ін.).

**Список літератури:**

1. Кудрин Б.И., Опотеряхэлектрическойэнергииитамошности вэлектрическихсетях//Энергетика.–2003. №2.–С.3
  2. Шкрабець Ф.П. Класифікація і структура втрат електроенергії /Ф.П.Шкрабець, Ю.В.Куваєв, Д.В.Ципленков, П.Ю.Красовський//Вісник Кременчуцько-го державного політехнічного університету.–Вип. 3(32).–2005.–С.122–124.
- Науковий керівник:** *Попрядухін В.С., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **ЕНЕРГЕТИЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ**

**Шквиря В.В., студент 11 МБЕЕ, E-mail: [greejin2011@gmail.com](mailto:greejin2011@gmail.com)**  
*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

**Актуальність.** Теплопостачання є одним з головних пріоритетів створення комфортних умов життя і праці. Використання централізованого опалення має як переваги так і недоліки. В наш час продовжується пошук альтернативних систем опалення, одним з напрямків є впровадження систем електричного опалення [1]. Перспективним є також використання низькопотенційних джерел енергії [1]. Електроенергію в Україні виробляють теплові, гідравлічні, гідроакумулятивні та атомні станції не враховуючи ще деякі типи альтернативних електростанцій, які дають екологічну електрику. Також у перспективі набуде поширення використання екологічно чистої енергії сонця і вітру. З появою електрики використання різних систем електричного опалення для обігріву приміщень всіх типів стало звичним явищем та стає все більш актуальним.

**Постановка проблеми.** Існують різні джерела теплопостачання. Електроопалення важливий потенційний напрямок використання електроенергії у плані енергетичної та екологічної безпеки. Особливістю паливно-енергетичного балансу розвинених країн є значна витрата електроенергії для опалювальних цілей. За наявними даними, у Франції електроопалюванням обладнано близько 40 % усіх будівель, в Іспанії і Фінляндії – 30 %, в Норвегії – відомому світовому виробнику і постачальнику газу – більше 80 % . Тут треба відзначити, що значну частку виробництва електроенергії в цих країнах займає «зелена» електрогенерація. Метою даної



роботи є поєднання використання низькопотенційних джерел енергії з електроопаленням.

**Основні матеріали дослідження.** Поставлена задача створення геліоелектричного пристрою для нагрівання рідини, в якому за рахунок модернізації конструкції сонячного колектора та геліоелектричного пристрою для нагрівання рідини в цілому підвищено коефіцієнт корисної дії, знижено теплову інерційність, металоємкість, спрощено монтаж.

Відомі сонячні колектори які складаються з коробки, передня площина, якої покрита селективним шаром та алюмінієвою фольгою, бічні та задня стінки його теплоізолювані спіненим полістеролом. На передню поверхню наклеєно одношарове скло. Недоліком цього відомого пристрою є велика теплова інерційність і неможливість отримання гарячої рідини в негоду при низькому рівні сонячного випромінювання, складність схеми та монтажу.

Поставлена задача вирішується тим, що геліоелектричний пристрій для нагрівання рідини має сонячний колектор, бак-акумулятор, бак-нагрівач з ТЕНОм, вентелі гарячої, холодної води та зливу, згідно винаходу сонячний колектор, бак-акумулятор та бак-нагрівач встановлені в одному корпусі, причому сонячний колектор виконано у вигляді склопакету, абсорбера і теплоізолюючої перегородки, яка розташована між абсорбером і основною частиною рідини бака-акумулятора[4].

Технічна суть та принцип пристрою, який пропонується, роз'яснюється кресленням (рис. 1)

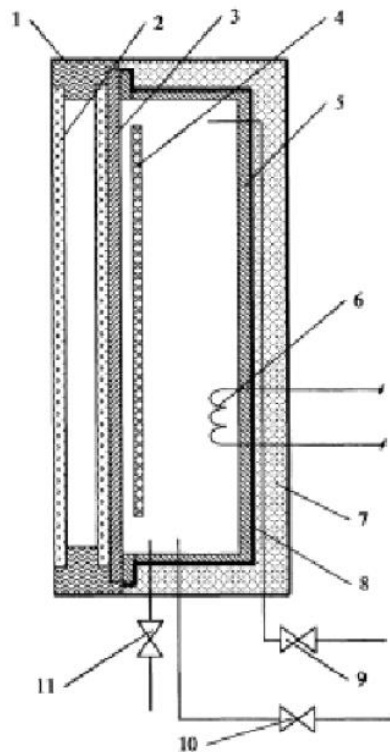


Рисунок 1. Схема геліо-електричного пристрою: 1 - теплоізолюваний корпус, 2 - сонячний колектор, виконаний у вигляді склопакету, 3 - абсорбер, 4 - теплоізолююча перегородка, 5 - бак-акумулятор, 6

– ТЕН з термостатом, 7 – теплоізоляція, 8 – тепловідбиваюче покриття, 9 - вентиль гарячої води, 10 - вентиль холодної води, 11 – дренажний вентиль

Технологічний процес роботи геліоелектричного пристрою для нагрівання рідини слідує наступним чином: пристрій, що пропонується, монтується зовні на сонячній стороні будівлі, закріплюючи корпус 1 на кронштейнах, під'єднують трубу холодної рідини (наприклад води) до мережі, трубу гарячої рідини до системи споживання гарячої води та опалення, а трубу зливу до каналізації. Відкриваючи вентиль 10 заповнюють бак-акумулятор 5 і після нагрівання рідини до необхідної температури відкривають вентиль 9 для її використання.

Після заповнення пристрою холодною водою через вентиль 10, причому вентилі 9 та 11 закриті, сонячні промені проходять через склопакет 2 і поглинаються абсорбером 3, при цьому тонкий шар рідини між абсорбером та теплоізолюючою перегородкою 4 отримує певну кількість теплоти, підігрівається, завдяки чому виникає рушійна сила природної циркуляції, рідина по щілині між абсорбером 3 і теплоізолюючою перегородкою 4 підіймається до гори, при цьому більш холодна рідина опускається до низу і заповнює щілину знизу, потім цикл повторюється. Теплоізоляція 7 та тепловідбиваюче покриття 8 зменшують витрати теплоти у навколишнє середовище. Після підігріву рідини до необхідної температури відкривають вентиль 9 та використовують гарячу воду для опалення. ТЕН з термостатом 6 використовують для догрівання рідини за рахунок електричної енергії у випадку недостатньої кількості сонячного випромінювання, а також у холодну пору року. Вентиль 11 використовують для зливу рідини (при ремонті і консервації).

Іншим прикладом використання відновлювальних джерел для електроопалення є запропонована нами вітрогеліоенергетична установка з охолодженням фотоелектричних перетворювачів(рис. 2)[5].

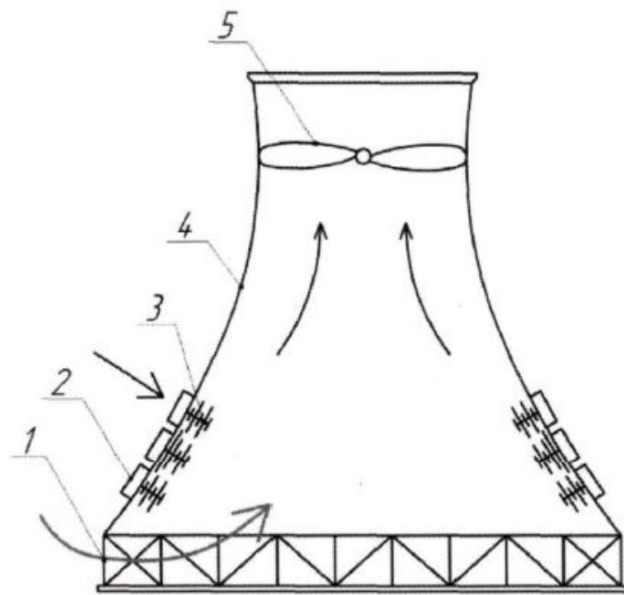


Рисунок 2. Схема вітрогеліоенергетичної установки з охолодженням фотоелектричних перетворювачів: 1 - повітровхідні вікна, 2 – приймач сонячної енергії виконаний у вигляді фотоелектричних перетворювачів, 3 - ребра охолодження, 4 - повітропровід який має форму однопорожнинного гіперболоїда обертаня, 5 - вітротурбіна встановлена у найвужчій площині повітропроводу

Вітрогеліоенергетичну установку з охолодженням фотоелектричних перетворювачів використовують наступним чином. Вітрогеліоенергетична установка з охолодженням фотоелектричних перетворювачів монтується в повітропроводі 4, який має форму однопорожнинного гіперболоїда обертаня, наприклад у градирні, з повітровхідними вікнами 1, закріплюючи корпуси фотоелектричних перетворювачів 2 на зовнішній поверхні повітропроводі 4, ребра охолодження 3 на внутрішній поверхні, а вітротурбіну 5, встановлюють в найвужчій площині повітропроводу 4. Генератор вітротурбіни і фотоелектричні перетворювачі підключають до електромережі. Після монтажу, фотоелектричні перетворювачі 2, отримуючи певну кількість сонячної енергії, виробляють електричну енергію для опалення, але при цьому частина сонячної енергії переходить в теплову, нагріваючи їх та віддається набігаючому повітрю через ребра охолодження 3, завдяки чому виникає рушійна підйомна сила. Нагріте повітря піднімаючись до гори по повітропроводу 4, який має форму однопорожнинного гіперболоїда обертаня, наприклад градирні, тисне на лопаті і обертає вал вітротурбіни 5, яку встановлено в найвужчій площині повітропроводу 4.

**Висновок.** Використання геліоелектричного пристрою для нагрівання рідини запропонованої конструкції дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії, знизити теплову інерційність, металоємкість, спростити монтаж та нагрівати переважно воду для опалення або технологічного використання.

Застосування вітрогеліоенергетичної установки з охолодженням фотоелектричних перетворювачів запропонованої конструкції дозволяє підвищити коефіцієнт поглинання сонячної енергії та знизити теплове навантаження на фотоелектричні перетворювачі, за рахунок охолодження їх ребер потоком повітря з повітровхідних вікон, що забезпечує охолодження та нормалізацію температури фотоелектричних перетворювачів, а гаряче повітря, яке виникає при їх охолодженні, збільшує енергетичний потенціал повітря в цілому, яке обертає вітротурбіну, що в свою чергу, підвищує ККД вітротурбіни і надійність роботи установки в цілому. Вироблену електроенергію використовують для електроопалення.

#### **Список використаних джерел**

1. Енергоефективність та енергозбереження. / Трикоз В. Галавуря М., Постол Ю.О., Стручаєв М.І. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали I Всеукраїнської інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/11751/1/>
2. Постол Ю. О., Стручаєв М. І. Підвищення енергоефективності та енергозбереження використання низькопотенційних джерел енергії в органічному циклу Ренкіна. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 74-77. – URL:<http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezysy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 10.10.2021).
3. Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2017. Вип. 187. URL:<http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4844>.
4. Патент 59835, Україна, МПК: F24J2/20(2006.01). Геліоелектричний пристрій для нагрівання рідини/Іванов В.П., Дідур В.А., Стручаєв М.І; заявник і патентовласник Таврійська державна агротехнічна академія. – №20021210454; заявл. 23.12.2002; опубл. 15.09.2006. Бюл. № 9.<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=67713&chapter=description>
5. Пат.129463, Україна, МПК: F24S 20/40 (2018.01). Вітрогеліоенергетична установка з охолодженням фотоелектричних перетворювачів / Стручаєв М.І., Постол Ю.О., Стюпін Ю.О., Перова Н.П., Сімонцев В.О.; заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. –№ u 2018 06137; заявл. 01.06.2018; опубл. 25.10.2018. Бюл. №20.<https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=252327&chapter=description>

**Наукові керівники:** Стручаєв М.І., к. т. н., Постол Ю.О., к.т.н., кафедра ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

УДК 620.92

## ПІДВИЩЕННЯ СТАБІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРУ

**Бурак О.Ю., студент ІІ МБЕЕ, E-mail: [kardinal626@ukr.net](mailto:kardinal626@ukr.net)**  
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

**Актуальність.** Перехід до «зеленої енергетики» визначений як пріоритетна глобальна задача. В наш час на території України поступово впроваджується використання енергії вітру, та сонячного випромінювання. Але далеко не всі питання вирішені. Тому удосконалення вітрогенераторів є актуальною проблемою.

**Постановка проблеми.** Існують різні системи використання енергії вітру. Найбільш часто, використовують Горизонтально-осьові ВЕУ [1, 2]. Вони мають певні переваги та недоліки. Основний з них є кінетична інерційність та нестабільність в роботі пристрою залежно від швидкості вітру.

В даній роботі поставлена задача удосконалити вітроенергетичний пристрій шляхом встановлення нових конструктивних елементів, які дозволять підвищити коефіцієнт використання енергії вітру, збільшити потужність вітроенергетичної установки та, в цілому, підвищити стабільності використання енергії вітру.

Для перетворення кінетичної енергії вітру на електричну використовують вітроелектричні установки - ВЕУ (рис. 1), які складаються з ротору з лопатями, щогли, електрогенератора та допоміжного обладнання.

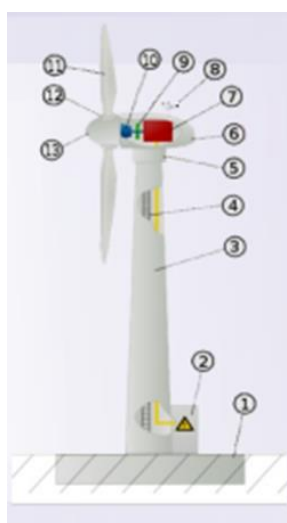


Рисунок 1 - Структурна схема горизонтально-осьової вітроенергетичної установки

ВЕУ: 1 – фундамент, 2 – силова шафа, 3 – опора, 4 – сходи, 5 – поворотний механізм, 6 – гондола, 7 – електрогенератор, 8 – система стеження за напрямком і швидкістю вітру (анемометр), 9 – гальмівна система, 10 – трансмісія, 11 – лопаті ротора, 12 – система зміни кута атаки, 13 – ковпак ротора

Горизонтально-осьові ВЕУ – більш поширені, тому що потребують менше матеріалу при будівництві на одиницю виробленої енергії. Близько 95% вітрових турбін споруджується з горизонтальною віссю. За частотою обертання вітроколеса розрізняють тихохідні і швидкохідні вітроустановки. Тихохідні (багатолопатеві) найчастіше використовуються із різними механічними пристроями (млинами, поршневыми насосами тощо). Швидкохідні (з малим числом лопатей) більш придатні для одержання електроенергії.

Основним недоліком вітроенергетики є непостійність та нерегульованість вітрового потоку [3,4]. Спрогнозувати обсяг виробництва електричної енергії вітроелектростанцією (ВЕС) навіть на добу наперед дуже складно (рис.2)

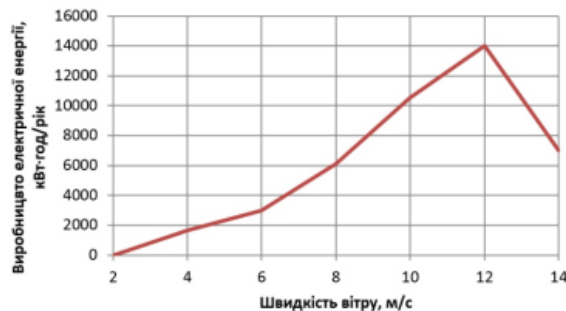


Рисунок.2. Виробництво електроенергії вітрогенератором номінальною потужністю 1кВт, залежно від середньорічної швидкості вітру

Середньорічна швидкість вітру є головним параметром при визначенні доцільності встановлення ВЕУ. Швидкість вітру різниться по висоті, тому перед встановленням ВЕУ необхідно провести заміри на різних висотах та проаналізувати метеорологічні дані за попередні 10-15 років.

Сьогодні на території України функціонує 14 ВЕС загальною встановленою потужністю 426,2 МВт. Найбільша ВЕС України - Ботієвська ВЕС розташована поряд із селом Приморський Посад Мелітопольського району, встановленою потужністю 200 МВт. Будівництво здійснювалося у дві черги: 2012 року було запущено 30 установок «Vestas V-112», 2014 року — ще 35. У 2019 році електростанцією було згенеровано 607,2 млн кВт·год.

Порівняно з іншими електричними станціями, вітрові мають найменший рівень прогнозованості вихідних параметрів. Швидкість вітру початку обертання лопатей – від 1,5 м/с. Мінімальна швидкість вітру для початку генерації потужності – 3 м/с. Номінальна швидкість вітру – 7-9 м/с. Можна пришвидшити початок обертання вітроколеса.

Поставлена задача підвищення стабільності використання енергії вітру вирішується тим, що у запропонованому нами [5] комбінованому вітроенергетичному пристрої, який включає башту, вітроколесо першого

ступеня, вітроколесо другого ступеня, трансмісію, електрогенератор, згідно з корисною моделлю, додатково встановлено вітроколесо третього ступеня.

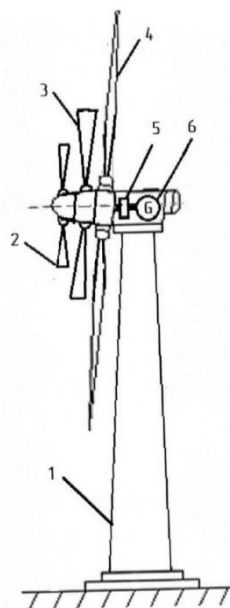


Рисунок 3. Схема комбінованого вітроенергетичного пристрою: 1 – башта, 2 – вітроколесо першої ступені, 3 - вітроколесо другої ступені, 4 - вітроколесо третього ступені, 5 - трансмісія, 6 - електрогенератор

Комбінований вітроенергетичний пристрій монтується на спеціальному майданчику, дезакріплюють башту, на ній - вітроколесо першого ступеня, вітроколесо другого ступеня, трансмісію, електрогенератор та додатково встановлене вітроколесо третього ступеня.

При незначній швидкості вітру, вітроколесо третього ступеня підтримує кутову швидкість вітроколес першого та другого ступеня в необхідних межах, забезпечуючи безперервну роботу комбінованого вітроенергетичного пристрою на стандартній потужності.

При робочій швидкості вітру, під його дією, додатково встановлене, вітроколесо третього ступеня починає обертатися, підвищуючи коефіцієнт використання енергії вітру, збільшуючи потужність вітроенергетичної установки та стабілізує використання енергії вітру. Електроенергія, яка при цьому генерується електрогенератором, направляється до електромережі.

**Висновок.** Використання запропонованого комбінованого вітроенергетичного пристрою, зарахунок встановлення вітроколеса третього ступеня, дозволяє підвищити коефіцієнт використання енергії вітру, збільшити потужність вітроенергетичної установки та підвищити стабільність використання енергії вітру.

**Список використаних джерел.**

1. Михайло Олійник, Владислав Лисяк, Олександра Дудурич. Енергоощадність та альтернативні джерела енергії: Львівська політехніка, 2020. 184с.

<https://www.yakaboo.ua/energooschadnist-ta-al-ternativni-dzherela-energii.html>

2. Енергоефективність та енергозбереження. / Трикоз В. Галавур М., Постол Ю.О., Стручаєв М.І. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали I Всеукраїнської інтернет-конференції. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 63-65. URL: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream/123456789/11751/1/>
3. Постол Ю. О., Стручаєв М. І. Підвищення енергоефективності та енергозбереження використання низькопотенційних джерел енергії в органічному циклу Ренкіна. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 74-77. – URL:<http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezysy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 10.10.2021).
4. Стручаєв М. І., Постол Ю. О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУСГ, 2017. Вип. 187. URL:<http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/4844>
5. Пат. 137468, Україна, МПК(2006): F03D 9/00, F03D 1/02 (2006.01). Комбінований вітроенергетичний пристрій/ Стручаєв М.І., Єфимчук О.А., Постол Ю.О., Лисенко О.В., Сілі І.І., Борохов І.В.: заявник і патентовласник Таврійський державний агротехнологічний університет. – № у 2019 03188; заявл. 01.04.2019; опубл. 25.10.2019. Бюл. №20/2019. <https://base.uipv.org/searchINV/search.php?action=viewdetails&IdClaim=262570&chapter=description>

**Наукові керівники:** Стручаєв М.І., к. т. н., Постол Ю.О., к.т.н., кафедра ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ЯВИЩЕ ЕЛЕКТРООСМОСУ ТА ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ В АПК**

**Коваль С.Д.,** *Email: [sergei.koval18@gmail.com](mailto:sergei.koval18@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

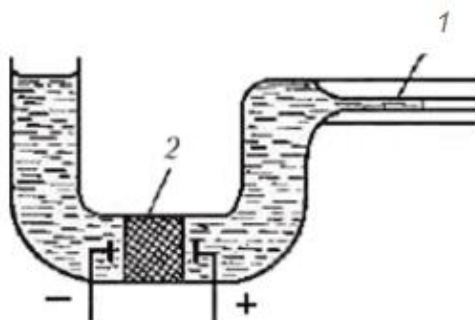
Науково-технічний прогрес на рубежі ХХ–ХІ ст. визначається розвитком високих технологій, які забезпечують, з одного боку, отримання нових матеріалів і виробів, а з іншого – зниження енерго- та ресурсо витрат, підвищення екологічних показників виробництва.

Значне місце із-поміж нових технологій займають електротехнології, що обумовлюється з різноманіттям електрофізичних, електрохімічних ефектів, які лежать в їхній основі, простотою контролю та керування електротехнологічними процесами, можливістю їх комплексної автоматизації[1-4].

Електроосмос - це рух рідини через капіляр або пористу діафрагму при накладенні зовнішнього електричного поля [5]. Сутність даного явища, відкритого в 1807 р російським хіміком Ф. Ф. Рейссом, можна пояснити



наступним чином (рис. 1) [6-7]. На границі контакту двох фаз (твердої і рідкої) за рахунок перерозподілу електричних зарядів утворюється так званий подвійний електричний шар. Його можна уявити у вигляді конденсатора, відстань між обкладинками якого становить лише кілька молекулярних шарів. Одна з обкладок такого конденсатора - це заряди на поверхні твердого тіла, інша заряди в рідині. Якщо вздовж границі контакту докласти різницю електричних потенціалів від зовнішнього джерела, то заряджений шар рідини під дією зовнішнього поля буде прагнути переміститися в бік протилежного (порівняно зі знаком заряду цього шару) полюса джерела. За рахунок внутрішнього тертя рух зарядженого шару передається сусіднім верствам незарядженої рідини. В результаті виникає рух рідини під дією електричного поля відносно твердої фази.



1 – капіляр; 2 – мембрана

Рисунок 1 – Схема явища електроосмосу

Електроосмос використовують для вирішення ряду технічних задач[2]:

1) Для електроосматичного видалення води з просочених нею твердих, подрібнених тіл, особливо в тих випадках коли зневоднення неможливе методами зміни тиску;

2) Для електроосматичного просочення пористих матеріалів розчинами речовин, що підвищують якість цих матеріалів, наприклад просочення деревини;

3) Електроосматичний метод використовується для зниження рівня води і осушення ґрунтів в анодній зоні;

4) Електроосматичний метод використовується у нафтопромисловому виробництві для просочення гірних порід відповідними розчинами.

В умовах сільськогосподарського виробництва електроосмос використовують переважно для розсолення та знезараження ґрунтів. При розсоленні з верхнього шару ґрунту видаляють надлишок шкідливих солей, що пригнічують розвиток культурних рослин і знижують врожайність останніх або роблять їх виростання взагалі неможливим.

Найпоширеніший метод розсолення ґрунтів - їх промивка прісною водою. Залежно від вмісту токсичних солей капітальні промивки тривають 1...2 роки і на 1 га потрібно 5...30 тис. м<sup>3</sup> прісної води. Інтенсивність розсолення ґрунту можна підвищити, пропускаючи через нього постійний електричний струм

певної густини. При цьому за рахунок електроосмосу підвищується фільтраційна здатність засоленого ґрунту, а в результаті електролізу змінюється рН середовища, що збільшує розчинність солей. Крім того, під дією електричного поля істотно підвищується волога провідність ґрунту. Ці та інші чинники посилюють витіснення розчинених токсичних солей з верхнього шару ґрунту в нижні шари, звідки ці солі відводяться дренажною системою. Багаторічні експерименти в лабораторних і польових умовах показали, що при використанні для розсолення ґрунтів постійного електричного струму істотно скорочується період меліорації (у кілька разів), зменшується витрата прісної води (приблизно в 2 рази) і прискорюється господарське освоєння ґрунтів.

У польових умовах електромеліорацію проводять наступним чином. Поле, яке підлягає розсоленню, попередньо готують до промивки, використовуючи звичайну технологію. Потім на виділених ділянках (чеках) монтують електроди (анод і катод), в якості яких найчастіше застосовують металеві труби або стрижні діаметром 35...70 мм. Глибина закладки катодів (3...5 м) зазвичай більше, ніж анодів (0,6...1,8 м). Це пояснюється бажанням хоча б частково поєднати напрямок електроосмотичного потоку води, що йде до катода, з вертикальним напрямком гідравлічної фільтрації, зумовленої дією сили тяжіння. При вертикальному розташуванні електродів аноди і катоди часто розміщують рядами. Відстань між однойменними електродами в ряду становить зазвичай 10...20 м, між рядом катодів і рядом анодів - 20...110 м. Після заповнення чеків водою, лінії однойменних електродів підключають до випрямного пристрою. Необхідна напруга постійного струму становить десятки вольт, густина струму в ґрунті - 1...10 А/м<sup>2</sup>, витрата електроенергії - 5...20 тис. кВт·год на 1 га.

Після того як розсолення закінчено і поле підсушене, демонтують електричну схему, витягують з ґрунту електроди і готують поле до посіву.

#### **Список використаних джерел:**

1. Hulevskiy V, Stopin Y., Y. Postol, M. Dudina. Experimental Study of Positive Influence on Growth of Seeds of Electric Field a High Voltage // Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 349-354. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-5_36)
2. Стьопін Ю.О., Постол Ю.О., Гулевський В.Б. Сучасні підходи до викладання дисципліни “Електротехнологія”. Удосконалення освітньовиховного процесу в закладі вищої освіти: зб. наук.-метод. праць. ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 23. С. 197–202.
3. Гулевський В. Б, Постол Ю.О., Стьопін Ю.О., Стручаєв М.І., Борохов І.В. Шляхи оптимізації навчальної дисципліни «Електротехнології» у формуванні професійних якостей майбутнього фахівця аграрної сфери.//International Trends in Science and Technology: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Vol.1 (С. 30 – 32) 2018.
4. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни “Електротехнології в АПК” для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141

«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Б. Гулевський, Ю. О. Постол, М. І. Стручаєв, В. С. Попрядухін, І. В. Борохов. Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с.

5. Матвійчук В. А., Рубаненко О. Є., Стаднійчук І. П. Електротехнології в АПК. Навчальний посібник, Вінниця, ТВОРИ, 2020. 273с.

6. Беляев А., Кучук В. Физическая и коллоидная химия. ГЭОТАР-Медиа, 2018. 752с.

7. Кольцов Л.В., Лосева М.А. Поверхностные явления в дисперсных системах, Самарский государственный технический университет, Самара 2012. 140с.

**Науковий керівник:** *Гулевський В.Б., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ЕФЕКТ - ПРОМИСЛОВИЙ СПОСІБ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В МЕХАНІЧНУ**

**Сомова Г.С** *Email: [banditsmiley99@gmail.com](mailto:banditsmiley99@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

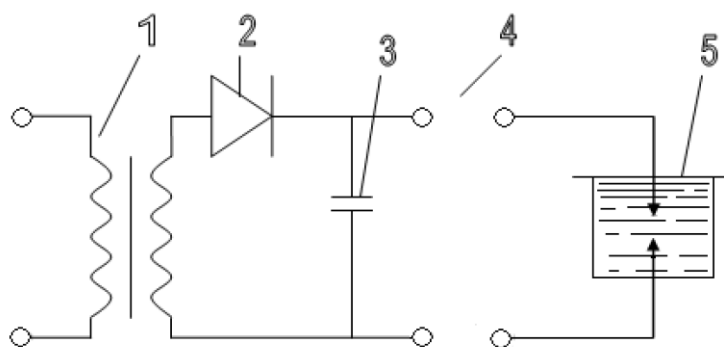
До електротехнологічних належать процеси, що засновані на перетворенні, безпосередньо в робочій зоні технологічних установок. В процесі перетворення електрична енергія надає дії: теплове, хімічне, механічне, оптичне і їх поєднання, що забезпечує можливість вирішення електроенергетичних питань. Електротехнологію прагнуть застосовувати там, де вона підвищує якість або кількість продукції, збільшує продуктивність праці і економічно себе виправдовує[1,2].

Електрогідролічний ефект (ЕГЕ) - промисловий спосіб перетворення електричної енергії в механічну з високим ККД, що відбувається без посередництва проміжних механічних ланок. Сутність цього способу полягає в тому, що при здійсненні всередині об'єму рідини, що знаходиться у відкритому чи закритому посуді, спеціально сформованого імпульсного електричного розряду навколо зони його утворення виникає надвисокий гідролічний тиск, здатний здійснювати корисну механічну роботу і, який супроводжуються комплексом фізичних і хімічних явищ.

Відбувається це в такий спосіб. Струм великої щільності викликає концентроване виділення тепла, що забезпечує сильне розігрівання та утворення плазми. Температура газу, не скомпенсована швидким тепловідводом, стрімко зростає, що призводить до швидкого підвищення тиску в струмовому каналі, що має в початковий проміжок часу невеликий поперечний переріз. У рідині виникає циліндрична хвиля стиснення через швидке інтенсивне виділення енергії в каналі, що веде до перетворення імпульсу стиснення в ударну хвилю.

Зростання обсягу порожнини триває до тих пір, поки тиск в ній не стане менше тиску зовнішнього середовища, після чого відбувається її схлопування. Електрогідравлічний ефект виникає в рідині при порушенні в ній імпульсного електричного розряду і характеризується великими значеннями миттєвих струмів, потужностей і тисків. По суті і характеру прояву електрогідроімпульсний процес - це електричний вибух, здатний деформувати різні матеріали.

За допомогою цього ефекту виникають у водному середовищі іскрові розряди створюють надвисокий гідравлічний тиск, що виражається в миттєвому переміщенні рідини і в руйнуванні знаходяться поблизу від зони розряду об'єктів, які навіть не нагріваються. Принципова схема отримання електрогідравлічного ефекту показана на рисунку 1.



1 – трансформатор, що підвищує напругу; 2 – випрямляч; 3 – конденсатор;  
4 – розрядник; 5 – робоча ємність

Рисунок 1 - Принципова схема отримання електрогідравлічного ефекту

Вперше цей ефект відкрив та дослідив Лев Олександрович Юткін [3] (рис.2). Використовувати спосіб перетворення електричної енергії в механічну почали для дроблення і подрібнення різних матеріалів - від тендітних сплавів типу карбиду і паперової макулатури до гірської породи. Так, для подрібнення  $1\text{ м}^3$  граніту потрібно витратити близько  $0,05\text{ кВт} \cdot \text{год}$  електроенергії. Це обходиться набагато дешевше, ніж звичайні вибухи із застосуванням пороху, толу, амоніту та інших речовин. Потім електрогідравлічний ефект знайшов застосування в підводних бурових роботах: з його допомогою зі швидкістю 2-8 см в хвилину можна пробурити свердловини діаметром від 50 до 100 мм в товщі граніту, залізної руди, в бетонному масиві. В результаті подальших досліджень виявилось, що електрогідравлічний ефект може з користю освоїти і безліч інших професій: штампувати і зварювати метали, очищати деталі від окалини і стічні води від бактерій, утворювати емульсії і вичавлювати з рідин розчинені в них гази, виліковувати сечокам'яної хвороби і підвищувати родючість ґрунту.

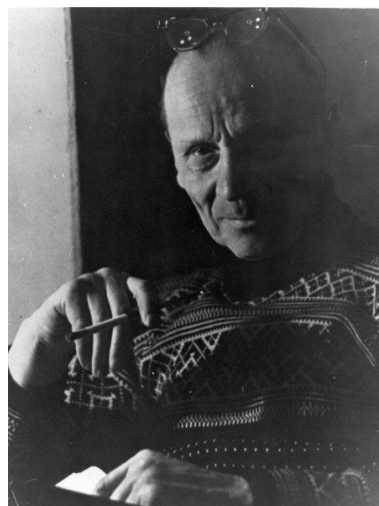


Рисунок 2 - Юткін Лев Олександрович (1911 - 1980)

У 1986-му році по смерті вийшла капітальна монографія Л. А. Юткіна «Електрогідравлічний ефект і його застосування в промисловості». У ній відображені роботи чудового дослідника і винахідника, кілька десятиліть вивчав оригінальний спосіб перетворення електричної енергії в механічну [4].

#### **Список використаних джерел**

1. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни «Електротехнології в АПК» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Б. Гулевський, Ю. О. Постол, М. І. Стручаєв, В. С. Попрядухін, І. В. Борохов. Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с. URL:<http://www.tsatu.edu.ua/ettp/pidruchnyky-ta-posibnyky/>
2. Гулевський В. Б., Ковальов О. В. Електротехнології в сільському господарстві. Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта): матеріали Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Київ, 14-18 листопада 2016 р.). Київ, 2016. С. 14-16.
3. Электрогидравлический эффект. Сайт об откритии электрогидравлического эффекта и его авторе Л.А. Юткине. URL: <https://sites.google.com/site/yutkin1911/home>(дата звернення: 02.11.2021)
4. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. 253 с., ил.

**Науковий керівник:** Гулевський В.Б., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ВИКОРИСТАННЯ ДВИГУНА СТІРЛІНГА В СОНЯЧНИХ УСТАНОВКАХ

**Абаджян Є.Б., учениця НВК №16, E-mail: [lizaabadzan@gmail.com](mailto:lizaabadzan@gmail.com)**  
*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

У сучасному світі намітилася тенденція збільшення частки установок на основі відновлювальних джерел енергії. Найбільш перспективні є установки на основі перетворень сонячної енергії.

Більшість подібних установок засновані на прямому перетворенні сонячного випромінювання за допомогою планарних фотоелектричних сонячних модулів. Такі системи мають електричну ефективність 15%. Для збільшення ефективності перетворення доцільне використання когенерації, тобто з електроенергією отримувати і теплову енергію. В такому випадку фотоелектричні елементи, які використовуються в сонячних модулях, охолоджуються і їх ефективність зростає. Тепло яке відводиться, також можна використовувати за призначенням, що збільшує загальну ефективність сонячного модуля [1-3]. Поряд з планарними теплофотоелектричними сонячними модулями великий інтерес представляють концентровані теплофотоелектричні сонячні модулі, в складі яких використовуються концентратори сонячного випромінювання параболоїдного типу. Вимоги до проектування і виготовлення таких концентраторів дуже високі, так як великі похибки в виготовленні сильно позначаються на ефективності перетворення сонячного випромінювання через високі втрати на профілі концентратора. У фокусі концентраторів поряд з фотоелектричними перетворювачами можуть розташовуватися і термодинамічні перетворювачі, наприклад, двигун Стірлінга, а також парогенератор, що виробляє пар для турбіни Тесла. Концентрація сонячного випромінювання повинна бути високого ступеня, так як номінальна робота двигуна можливо тільки при достатньо високій температурі. Конструкція такого двигуна проста і надійна, ефективність вище, ніж у фотоелектричних перетворювачів. Двигун Стірлінга є тепловий двигун, що працює за рахунок зовнішнього підведення теплоти до гарячого циліндру. Паливо, що використовується для отримання теплоти, не має значення. Це може бути і біогаз, і сонячна енергія, в чому і полягає значна відмінність двигуна від двигунів внутрішнього згорання. Таким чином, такі двигуни можуть з успіхом застосовуватися в установках на основі відновлюваних джерел енергії. Подібні установки заряджають акумуляторні батареї, працюють на існуючу електричну мережу, а при зніманні тепла від холодного циліндра двигуна Стірлінга (а не охолодження атмосферним повітря) з'являється можливість використовувати і теплову енергію[4].

Найбільш відомий проект сонячних установок на основі двигунів Стірлінга розташований на великій пустельній території на півдні Америки, де система установок налічує понад 20000 таких термодинамічних

перетворювачів. Проект став можливий при співробітництві Sandia National Laboratories і Stirling Energy Systems. Сама установка являє собою концентратор сонячного випромінювання, зібраний з фацетних дзеркал, у фокусі якого знаходиться двигун Стірлінга (рис. 1).

Конструкція двигуна Стірлінга представлена на рисунку 1, де є приймач гарячого циліндра і радіатор холодного циліндра. Як робоче тіло використовується водень, який нагрівається в гарячому циліндрі і, здійснюючи роботу, охолоджується в холодному циліндрі.

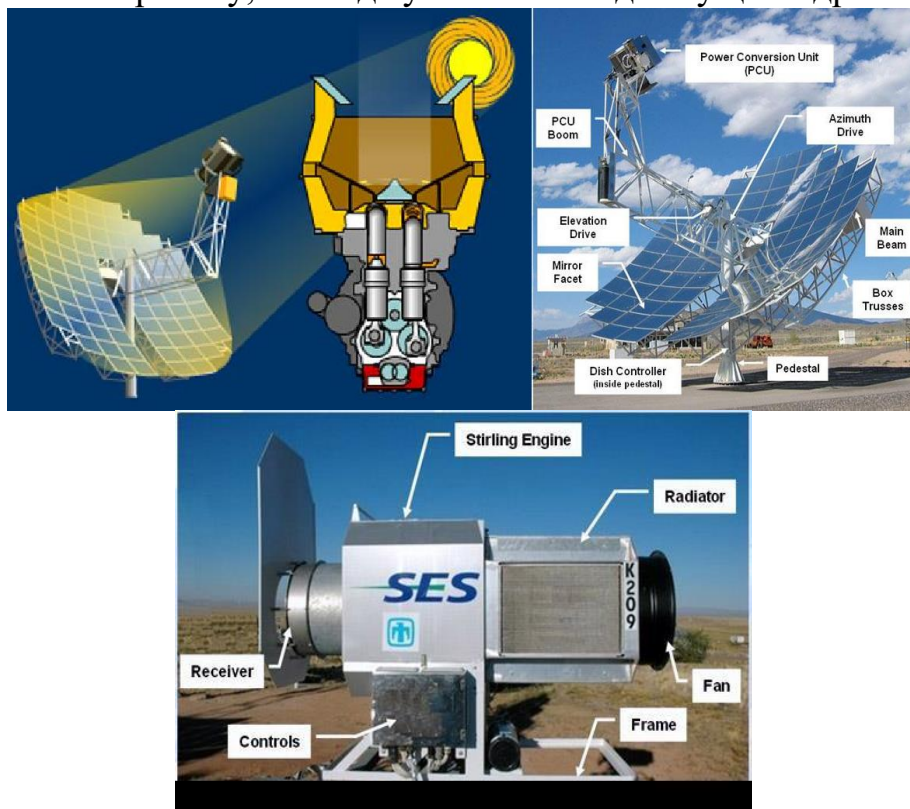


Рисунок 1 - Сонячна установка з концентратором та двигуном Стірлінга

Всі сонячні установки в системі працюють повністю автоматично з ранку до вечора, показники роботи установок моніторяться за допомогою мережі Інтернет. Електроенергія, що знімається з валу, з'єданого з електрогенератором, надходить в мережу, звідки використовується споживачами. Ефективність подібного роду двигунів становить близько 30%, що значно вище електричної ефективності кремнієвих фотоелектричних перетворювачів, повсюдно використовуваних в сучасних сонячних електростанціях. Електрична потужність подібних двигунів складає близько 27 кВт.

Розробки і дослідження, пов'язані з двигунами Стірлінга, проводяться по всьому світу. Ряд компаній, серед яких "Jet Propulsion Lab", "Schlaich, Bergemann und Partner", "Cummins Power Generation, Inc." ведуть роботи зі створення двигунів Стірлінга, призначених для роботи спільно з концентраторами сонячного випромінювання. Потужність подібних двигунів коливається від 5 кВт до 50 кВт, а ефективність від 17% до 28%. Ресурс

подібних двигунів складає близько 20000 годин, а вартість близько 2500 доларів за кіловат установленної потужності.

Навіть в космосі використовуються двигуни Стірлінга. Працюють вони від пелюсткових концентраторів, які забезпечують робочу температуру гарячого циліндра двигуна Стірлінга близько 950 К. Під час відсутності сонячного випромінювання через затінення передбачений тепловий акумулятор в області гарячого циліндра двигуна Стірлінга. Ефективність такої установки доходить до 38%, потужність становить 5 кВт, а маса установки 250 кг. В результаті досліджень створена установка з концентратором сонячного випромінювання і двигуном Стірлінга потужністю 500 Вт (рис. 2), а також двигун Стірлінга з приводом "коса шайба" і потужністю 5 кВт [5].

Для малопотужних сонячних установок з невеликим двигуном Стірлінга і концентратором сонячного випромінювання, призначених для електропостачання невеликої апаратури, доцільна компоновка установки з розташуванням концентратору сонячного випромінювання безпосередньо на гарячому циліндрі двигуна Стірлінга (рис. 2). Така компоновка установки дозволяє концентратору параболоїдного типу зі спеціально спроектованим профілем забезпечувати рівномірну освітленість всієї поверхні гарячого циліндра двигуна Стірлінга, що сприяє рівномірному нагріванню циліндра і ефективної роботи двигуна.



Рисунок 2 - Сонячні установки з концентраторами параболоїдного типу і двигунами Стірлінга

Подібні сонячні концентраторні теплофотоелектричні установки на основі двигуна Стірлінга поряд з електроенергією можуть виробляти і теплову енергію, забезпечуючи, таким чином, автономне або паралельне з існуючою енергомережею енергопостачання споживача. Також існує потенціал щодо збільшення ефективності таких установок, тоді як на сьогодні їх ефективність вже перевершує ефективність стандартних планарних фотоелектричних сонячних електростанцій.



## Список використаних джерел.

1. Вдовін Б.В., Постол Ю.О. Детектор положення сонця для орієнтації сонячної панелі. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 90-92.– URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezysy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 19.10.2021).

2. Постол Ю.О., Закревський Д. Реалізація політики з енергозбереження. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукраїнської науково-технічної Інтернет-конференції за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь, ТДАТУ, 2019. Вип. VI. С.17-20.

3. Бурцева С.О., Постол Ю.О. Ефективність теплових насосів. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 33-34.

4. Майоров В.А., Панченко В.А. Исследование характеристик солнечного концентратора в установках с двигателем Стирлинга // Энергетик, 2013, № 2, с. 40-42.

5. Постол Ю. О., Стручаєв М. І. Підвищення енергоефективності та енергозбереження використання низькопотенційних джерел енергії в органічному циклу Ренкіна. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 74-77.– URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezysy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 10.10.2021).

**Науковий керівник:** *Постол Ю.О., к.т.н., доцент кафедри ЕТТІ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДВИГУНА СТИРЛІНГА

**Білецький О.Д., 31 ГМ, E-mail: [bod2002@gmail.com](mailto:bod2002@gmail.com)**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Двигун Стірлінга – теплова машина, в якій рідке або газоподібне робоче тіло рухається в замкнутому об’ємі, різновид двигуна внутрішнього згорання. Він може працювати не тільки від спалювання палива, але і від будь-якого джерела тепла.

Двигуни Стірлінга мають вагомі переваги порівняно з двигунами внутрішнього згорання, такі як:

- дуже низькі викиди основних шкідливих речовин, на порядок нижчі, ніж ДВЗ, завдяки постійному згорянню палива в сприятливих умовах;
- незначна гучність двигуна Стірлінга, що пояснюється відсутністю

механізму газорозподілу, а також плавним безперервним процесом згоряння, на відміну від вибухового згоряння в циліндрах ДВЗ;

- незначна витрата мастильних матеріалів;
- невеликий обсяг технічного обслуговування;
- а також незалежність до конкретної речовини двигуна Стірлінга.

До недоліків можна віднести громіздкість, так як робити компактні, надійні і потужні теплообмінники дуже важко.

На сьогодні, виготовлення двигуна Стірлінга потребує великих коштів, ніж звичайні ДВЗ, проте, його експлуатація - значно економніше (але витрату виробництва можна пояснити непристосованістю промисловості до виготовлення двигунів Стірлінга).

Виключною властивістю двигунів Стірлінга, що дозволяє застосовувати нетрадиційні палива, наприклад, біогаз, вугілля і навіть відходи деревообробної промисловості, а також використання будь-яких інших видів енергії робить їх особливо привабливими в зв'язку з використанням енергії з відновлюваних джерел.

На автомобілях двигуни Стірлінга не набули поширення, через значну питому вагу на одиницю потужності, а також через складність системи управління двигуном в швидкозмінних експлуатаційних режимах. Хоча їх і застосовують у складі комбінованих енергетичних установок, як утилізатори теплоти викидів ДВЗ.

А на таких транспортних засобах як яхти, атомні підводні човни, космічні кораблі, двигуни Стірлінга застосовуються досить широко. Оскільки в цьому випадку вага і габарити двигуна не є вирішальними факторами, саме надійність визначає його роль як ідеального кандидата для перетворення теплової енергії в механічну. Завдяки тому, що двигун Стірлінга практично не потребує технічного обслуговування і регулювання, він може бути розміщений в ізольованій частині корпусу, що важливо в разі важкого доступу (на підводних човнах або космічних кораблях). Наприклад, NASA (National Aeronautics and Space Administration - Національна Адміністрація Аеронавтики і Космонавтики США) впритул займається розробкою і вдосконаленням двигунів Стірлінга, успішно впроваджує їх в космічних апаратах, проте детальна інформація про такі розробки не поширюється.

Отже, розвиток науки і техніки зумовило утворення нових "екологічних ніш", де з успіхом може застосовуватися двигун Стірлінга.

Зокрема, на рис. 1 наведено приклад сонячної енергетичної установки [1]. Досить високий ККД, простота і надійність конструкції двигуна Стірлінга зумовлюють ефективність його використання в таких системах. Сонячне світло фокусується увігнутими дзеркалами для розігріву двигуна (як джерело тепла). Охолоджувачем може бути навколишнє атмосферне повітря. Маємо екологічно чисте джерело енергії, так необхідне в сучасному світі.

Можливе також застосування зворотного циклу Стірлінга. Якщо приводити двигун Стірлінга в рух якимось зовнішнім пристроєм, тоді "гарячий" циліндр буде охолоджуватися, а "холодний" - буде розігріватися.

Якщо при цьому підігрівати "гарячий" циліндр, наприклад, навколишнім повітрям, то "холодний" циліндр буде розігріватися до вищої температури. При цьому зовнішня енергія витрачається безпосередньо на розігрів, а не на "перекачування" тепла з холодного місця в тепліше, що значно ефективніше. Тобто двигун Стірлінга функціонує в режимі теплового насоса [2], і утворює теплоту для цільового використання.



Рис.1–Сонячна енергетична установка

Взагалі і сучасна напівпровідникова електроніка підійшла в своєму розвитку до кордону, зумовлених фізичними законами. Подальше підвищення характеристик вимагає переходу до елементів, що охолоджуються до температур  $-100^{\circ} \dots -200^{\circ} \text{C}$ . На світових конференціях по електроніці перспективним на сьогодні визнано використання саме кріокулеров Стірлінга. Моделі кріокулеров невеликої потужності випускаються дрібними серіями і коштують \$ 10000 ... 15000. За умови переходу до багатосерійного виробництва можна очікувати, що ціни зменшаться в кілька разів, що зробить їх використання комерційно рентабельним.



Рисунок2–Штучне серце

Однією з нетрадиційних областей застосування двигуна Стірлінга є медицина. Його застосовують в системах штучного серця. Джерелом енергії в таких системах, як правило, є радіоізотопи.

Крім згаданих досить екзотичних областей застосування двигунів Стірлінга, вже зараз є прийнятним їх впровадження в когенераційних установках. На рис. 3 зображена така установка з двигуном Стірлінга.

Когенераційні установки призначені для повного використання енергії, що вивільняється під час згоряння палива. Частина цієї енергії перетворюється в електроенергію, решта - в теплоту, яка використовується для задоволення

побутових потреб. Тобто двигун виробляє електроенергію, а теплота з його системи охолодження, змащення і випускної системи утилізується і забезпечує гаряче водопостачання, опалення приміщень і т.п. Завдяки спільному виробництву електричної і теплової енергії в когенераційних установках забезпечується значна економія палива - до 30%.

Сучасна світова енергетика розвивається в напрямку децентралізації енергопостачання, яке сприяє створенню автономних когенераційних установках.

В США і країнах Європи, насамперед Німеччини, вже розпочато серійне виробництво невеликих тепло електричних установок з двигуном Стірлінга, наприклад, для потреб однієї сім'ї. Електрична потужність установки становить 2 ... 9 кВт, тепла - 8 ... 24 кВт. Загальний ККД установки досягає 92 ... 94% [3], завдяки тому, що теплоту, яку працівник не використав в двигуні, утилізовано в системі побутового теплопостачання. Паливом для такого двигуна Стірлінга є природний газ. В кінці 2001 року був виготовлений двигун, паливом для якого служать відходи деревообробної промисловості. Тепер ведеться розробка двигуна, паливом для якого стане біогаз.

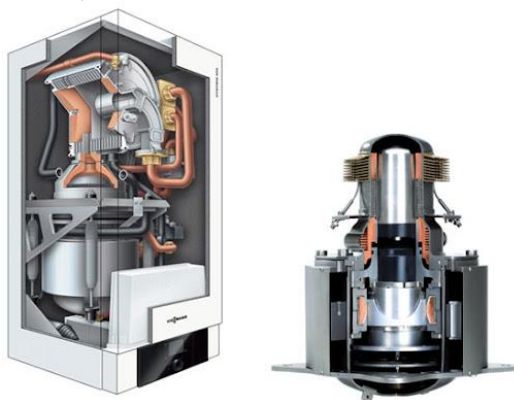


Рисунок 3 – Когенераційна установка на базі двигуна Стірлінга

Оскільки когенераційні установки з двигунами Стірлінга можуть мати невелику потужність і застосовують їх переважно в приватних будинках, то виробники очікують, що, прийманні в Німеччині, попит на них буде досягати 50000 установок на рік.

Запаси традиційного нафтового палива стрімко скорочуються. Газ, бензин, дизельне паливо дорожчає. Тому застосування альтернативних джерел енергії - не просто перспективно, а єдино можливий спосіб виживання людства. У розвинених країнах активно впроваджують альтернативну енергетику. Зокрема, Швеція планує повністю відмовитися від традиційного палива.

Всі наведені приклади застосування двигуна Стірлінга реальні і практично реалізовані. Тим не менш, до цих пір двигуни із зовнішнім підведенням теплоти не набули поширення, можливо, через стереотипність мислення, або інертність промислового виробництва. Але сучасний світ змінюється, змінюються і пріоритети розвитку техніки. Тому, цілком можливо, що незабаром двигун Стірлінга прийде майже в кожен будинок, як

тепловий двигун, елемент системи опалення чи складова домашнього комп'ютера.

### **Список використаних джерел**

1. Вдовін Б.В., Постол Ю.О. Детектор положення сонця для орієнтації сонячної панелі. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 90-92.– URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezysy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 19.10.2021).

2. Бурцева С.О., Постол Ю.О. Ефективність теплових насосів. Матеріали I Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 33-34.

3. Постол Ю. О., Стручаєв М. І. Підвищення енергоефективності та енергозбереження використання низькопотенційних джерел енергії в органічному циклу Ренкіна. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 74-77.– URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezysy-sbornyk-ettp-postol-struchaev.pdf> (дата звернення: 10.10.2021).

**Науковий керівник:** *Постол Ю.О., к.т.н., доцент кафедри ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБРОБКИ СУМІШЕВОГО БІОПАЛЬНОГО УЛЬТРАЗВУКОМ І НВЧ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМ ПОЛЕМ**

**Струков В.С.** М2 курс [vadimstrukov98@gmail.com](mailto:vadimstrukov98@gmail.com)

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.** Для переводу автотракторної техніки, що серійно випускається на сумішеве біопальне необхідно модернізувати штатні системи живлення дизелів, або використовувати різноманітні методи покращення функціональних властивостей біопального, до яких відноситься ультразвукова і НВЧ електромагнітна обробка[1].

**Основні матеріали дослідження.** Ультразвукова і НВЧ електромагнітна обробка є діючим методом покращення фізичних, хімічних, теплотворних і експлуатаційних властивостей біопального. Вплив ультразвуку на біопальне обумовлено ефектом кавітації, тобто виникненням в рідині пульсуючих бульбашок, заповнених газом. Після короткочасного існування частина бульбашок закривається, при цьому спостерігається локальне миттєве підвищення тиску і температури. Поєднання таких різнорідних фізичних

процесів, що впливають одночасно на оброблюване біопальне, сприяє інтенсивній обробці і отриманню стійкої, однорідної дисперсної емульсії[2].

Науковцями доказано, що при обробці вуглеводневої сировини відбувається деструкція молекул, викликана мікрокрекінгом молекул і процесами іонізації. В результаті протікання цих процесів в системі накопичуються " активовані" частки: радикали, іони, іонно-радикальні утворення. Окрім цього, кавітація супроводжується і частковим руйнуванням самих молекул.

З виникненням вільних радикалів ще більше ініціюються процеси згорання. Таким чином полегшений фракційний склад (при тому ж типі повітряного потоку) не лише полегшує зимовий пуск двигуна, але робить згорання пального рівномірним і економічним.

Особливий інтерес з точки зору покращення функціональних властивостей сумішевого пального викликає дія на біопальне НВЧ електромагнітного поля. До однієї з найбільш перспективних сфер застосування мікрохвильової обробки відноситься обробка нафти і нафтопродуктів. В літературі описані експериментальні дослідження по фізичному моделюванню процесів нагріву речовин різної в'язкості, що імітують нагрів нафтопродуктів. Якщо замість традиційних способів нагріву використати нагрів за допомогою енергії НВЧ коливань, то із-за проникнення хвилі в глиб об'єкту відбувається перетворення цієї енергії в тепло не на поверхні, а в його об'ємі, і тому можна добитися інтенсивнішого наростання температури при більшій рівномірності нагріву в порівнянні з традиційними способами нагріву. Остання обставина у ряді випадків призводить до поліпшення якості продукту.

НВЧ впливає на молекули дизельного пального і МЕРО, які знаходяться у нафтопродукті. При опроміненні сумішевого пального НВЧ частотою 2,45 ГГц молекули дизельного пального і метил ефіру ріпакової олії починають різко коливатися. В результаті цих процесів йде тертя між молекулами і за рахунок тертя утворюється тепло. Воно і розігріває біопальне. Робоча частота магнетрона співпадає з частотою резонансу молекул біопального, тому молекули починають рухатися дуже швидко і виникає реакція кипіння, або випаровування

Для розробки електротехнологічного комплексу по обробці сумішевого біопального нами були розроблені технічні вимоги, які включають в себе наступні пункти [3]:

- забезпечити зменшення в'язкості сумішевого біопального 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО при його обробці в електротехнологічному комплексі ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем до значень в'язкості, які були отримані на експериментальній установці[2]:

-передбачити індикацію електротехнологічного комплексу, блоковість конструкцій.

-передбачити використання уніфікованих виробів у відповідності із вимогами ДСТУ, їх достатню надійність.

- електротехнологічний комплекс повинен забезпечити індивідуальне користування в виробничих умовах, можливість встановлення у взривонебезпечних приміщеннях.

- комплекс повинен мати невелику вартість, простоту в обслуговуванні і ремонті.

З метою покращення функціональних властивостей сумішевого біопального 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО шляхом ультразвукової і НВЧ електромагнітної обробки нами запропоновано комплекс структурна схема якого представлена на рис. 1.



Рис.1 - Схема структурна електротехнологічного комплексу

Схема структурна електротехнологічного комплексу відображає принцип роботи пристрою в самому загальному вигляді. Електротехнологічний комплекс включає в себе блок перемикачів режимів роботи, до виходу якого підключено ультразвуковий і НВЧ електромагнітні блоки. Ультразвуковий блок включає в себе блок регулювання потужності, блок підмагнічування, УЗ генератор і вимірювальний блок. НВЧ електромагнітний блок включає в себе блок регулювання потужності, НВЧ генератор і вимірювальний блок.

**Висновок.** Розроблено технічні вимоги і структурну схему електротехнологічного комплексу для обробки сумішевого біопального 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем.

#### Список використаних джерел

1. Назаренко, І.П. Покращення якості сумішевого біодизеля шляхом обробки його акустичним полем [Текст]/І.П. Назаренко, Р.Р. Кушлик, Р.В. Кушлик // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск 6, Том 1. Електронне наукове фахове видання. – Мелітополь, ТДАТУ, 2016 р.с.164–171.

2. Назаренко, І.П. Експериментальні дослідження впливу ультразвукових і СВЧ хвиль на в'язкість і густину сумішевого біодизеля [Текст] /І.П.Назаренко, Р.Р. Кушлик // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Технічні науки. Випуск 175 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ, 2016. – с. 66–68.

3. Кушлик Р.Р.Розробка електротехнологічного комплексу для обробки сумішевого біопального. [Текст] / Р.Р.Кушлик, Р.В.Кушлик // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск 8, Том 2. Електронне наукове фахове видання. – Мелітополь, ТДАТУ, 2018 р.

**Науковий керівник:** *Кушлик Р.В. к.т.н., доцент кафедри ЕТТТТаврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.*

## **КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБРОБКИ СУМІШЕВОГО БІОПАЛЬНОГО**

**Риженко Олег** М2 курс [olegka9812@gmail.com](mailto:olegka9812@gmail.com)

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Постановка проблеми.**Збільшення цін на нафтопродукти через зменшення запасів нафти в нафтових родовищах впливає на здороження світлих нафтопродуктів і як наслідок здороження виробництва сільгосппродукції. Через зростання попиту на нафту у світі буде безперервно зростати її вартість і дефіцит, який до 2025 р. досягне 16 млн. барелів [1]. Це обумовлює необхідність в пошуку заміни продуктам переробки нафти, або змішуванню нафтопродуктів з іншими інградієнтами, наприклад рослинного походження.

Проведений аналіз різних видів альтернативних палив показав, що для України найбільш перспективним є застосування сумішевого пального, яке складається із метилового ефіру ріпакової олії (МЕРО) і дизельного пального (ДП). Одна із основних проблем такого пального – це висока в'язкість. З огляду на це, розробка пристроїв, які б забезпечували зменшення в'язкості сумішевого біопального не втрачає своєї актуальності і нині.

**Основні матеріали дослідження.**З метою покращення функціональних властивостей сумішевого біопального шляхом ультразвукової і НВЧ електромагнітної обробки розроблено пристрій ультразвукової і НВЧ електромагнітної обробки біопального функціональна схема якого представлена на рис. 1[2,3].



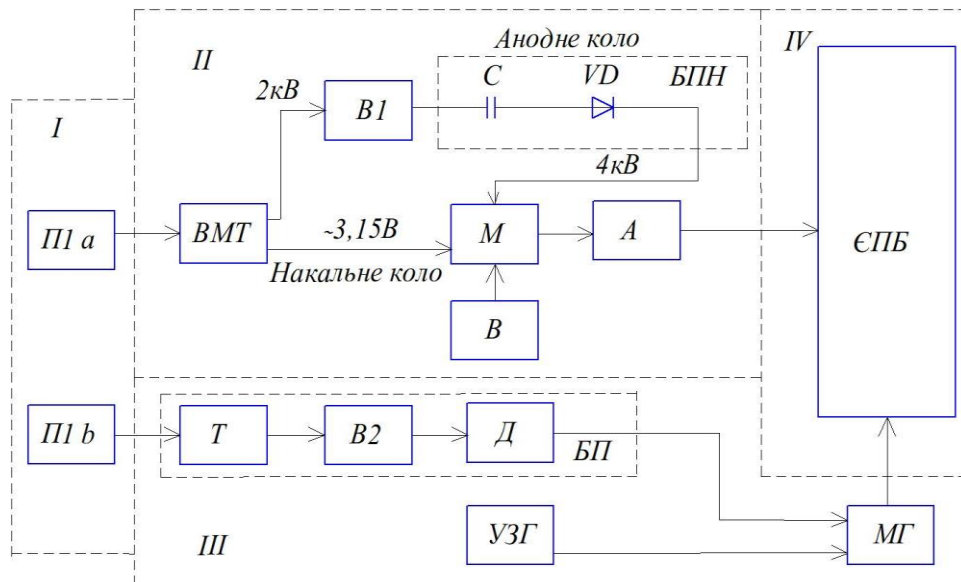


Рис. - Схема електрична функційна ультразвукової і НВЧ електромагнітної обробки біопального: I – блок перемикачів режиму роботи; II – НВЧ електромагнітний блок; III – ультразвуковий блок; IV – НВЧ камера для обробки біопального; П1а,б – перемикач режимів роботи; ВМТ – високовольтний мережевий трансформатор; В1 – випрямляч; С – високовольтний конденсатор; VD – високовольтний діод; БПН – блок подвоєння напруги; М – магнетрон; А – антена; В – вентилятор; Т – трансформатор; В2 – випрямляч; Д – дросель; БП – блок підмагнічування; УЗГ – ультразвуковий генератор; МГ – магнітостриктор; ЄПБ – ємність для обробки біопального.

По функціональному призначенню електротехнологічний комплекс складається із трьох основних частин: блоку перемикачів режимів роботи, НВЧ електромагнітного блоку і ультразвукового блоку.

НВЧ електромагнітний блок включає в себе високовольтний трансформатор 1, до первинної обмотки якого підводиться змінна напруга мережі 220В. З однієї із вторинних обмоток знімається змінна напруга 3,15В, яка підводиться до розжарювальної обмотки магнетрона. Розжарювальна обмотка потрібна для генерації (емісії) електронів. Варто відмітити, що струм, споживаний цією обмоткою, може досягати 10А. З другої вторинної обмотки високовольтного трансформатора ВМТ через високовольтний конденсатор С і високовольтний діод VD знімається постійна напруга 4 кВ, яка призначена для живлення анода магнетрона. Струм анода невеликий і складає до 300 мА.

Високовольтний конденсатор С має вбудований резистор, який служить для розряду конденсатора після вимкнення НВЧ пристрою. Високовольтний діод VD є комбінованим елементом і складається з цілої низки послідовно включених діодів. Це дозволяє складеному діоду працювати з високою напругою.

Головним елементом НВЧ електромагнітного блоку є магнетрон М. Це особлива вакуумна лампа, що генерує надвисокочастотне випромінювання.

Після подачі напруги на магнетрон М потік вільних електронів, емітованих розжарювальною обмоткою, починають свій шлях у вакуумній лампі М. Особлива траєкторія переміщення вільних носіїв створює НВЧ хвилі. Вони відводяться з магнетрона М за допомогою спеціальної антени А і поступають в НВЧ камеру ІV для обробки біопального, в якій встановлено ємність з біопальним ЄПБ. За наявності нештатної ситуації і перегріванні магнетрона М в комплексі встановлено термовимикач, який розмикає ланцюг і магнетрон М перестає працювати. При цьому термовимикач вибрано з невеликим запасом на температуру відключення – 120 – 145 °С. Вихідна (корисна) потужність магнетрона складає 100 – 800 Вт.

Особливістю конструкції приладу є камера для обробки сумішевого біопального, виготовлена з металу і покрита фарбою "під емаль". Необхідно відзначити, що саме камера ІV НВЧ електромагнітного пристрою є елементом НВЧ – пристрою, оскільки представляє, по суті, резонатор, в якому виникає електромагнітне випромінювання.

Електронно–акустичний блок ІІІ включає в себе ультразвуковий генератор УЗГ і блок підмагнічування БП до складу якого входять трансформатор напруги Т, випрямляч В2 і дросель Д, які підключені до магнітостриктора МГ. Ультразвуковий генератор УЗГ під'єднується до магнітострикційного навантаження через кабель типу КГ–3–0,75 перетином 0,75 мм<sup>2</sup> на жилу. При роботі магнітостриктора МГ через кабель обмеженого перерізу майже вся потужність від блоку підмагнічування виділяється в опорі кабелю і обмотці збудження. Напруга збудження подається на обмотку збудження, яка на резонансній частоті має активний опір, на інших частотах – індуктивний опір. Ці фактори обумовлюють технічні особливості конструкції генератора, які полягають у вбудованому джерелі стабілізованого струму для роботи з кабелем опором до 100 Ом і підвищеній вихідній напрузі збудження. Особливістю конструкції є також блок перемикачів режимів роботи, який дозволяє приладу працювати в трьох положеннях: обробка біопального ультразвуком, НВЧ електромагнітним полем і ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем.

**Висновок.** Розроблено функційну схему пристрою для обробки сумішевого біопального 90%ДП+10%МЕРО, 80%ДП+20%МЕРО, 70%ДП+30%МЕРО ультразвуком і НВЧ електромагнітним полем, а також відзначено основні особливості конструкції пристрою.

#### **Список використаних джерел**

1. Марчук О., Хокманн Х., Лисситса А. Экономический анализ биоэнергетики, как источника доходов аграрных предприятий. Discussionpaperno. 2010, 111 с.

2. Кушлик Р.Р. Електротехнологічний комплекс для обробки сумішевого біопального: конструкція і параметри [Текст] / Р.Р.Кушлик, Р.В.Кушлик // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Випуск 9, Том 1. Мелітополь, ТДАТУ, 2019 р

3. RuslanKushlyk, IgorNazarenko, RomanKushlyk.Experimental

Investigations of Functional Properties of Biofuel Processed in the Electrotechnological Complex. Modern Development Paths of Agricultural Production Springer Nature Switzerland AG 2019 g s.375-384.

**Науковий керівник:** Кушлик Р.Р. к.т.н., ст. викладач кафедри ЕТТПТаврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНО-ГІБРИДНОГО ЗВАРЮВАННЯ В ВИРОБНИЦТВІ**

**Щербаков С.В.,** *serjik347555@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Основним завданням для виготовлення зварних конструкцій в промисловості є зменшення зварювальних деформацій при зварюванні деталей, які мають велику товщину. При виконанні багато прохідних швів відбувається велике тепло-вкладання в зварювальну ванну, за рахунок чого відбувається короблення виробу. Для запобігання цьому доводиться виконувати зварювання у певній послідовності з попереднім підігрівом деталей, які зварюються. Це спричиняє зниження продуктивності зварювального процесу та збільшення собівартості виробу. В даний час існують способи зварювання, які дозволяють зварювати деталі з великою товщин з малим тепло-вкладанням в зварну ванну та мінімальною кількістю проходів. Одним із таких методів є лазерно-гібридне зварювання (ЛГЗ) та лазерно-дугове зварювання (ЛДЗ).

Процес гібридного зварювання полягає в тому, що два джерела (лазерний промінь і дуга) впливають одночасно на одну зварювальну ванну, при цьому дуговий розряд стабілізується за рахунок плазмового факела, утвореного при взаємодії лазерного випромінювання з матеріалом. Лазерний промінь глибоко проникає в матеріал і випаровує його, що сприяє ліквідації зварювальних деформацій та напруг. При зварюванні електродом, що плавиться, в загальну зварювальну ванну вводиться присадки, що заповнює утворену лазерним променем воронку і забезпечує надійне з'єднання кромки [1,2]. В результаті виходять зварні шви з глибоким проплавленням та високою міцністю. Схему ЛДЗ зображено на рис.1.



Рисунок 1 – Схема лазерно-дугового зварювання

В даний час відомо безліч способів застосування лазерно-дугової технології в промисловості, починаючи від використання вольфрамового електрода при зварюванні електродом, що не плавиться, і закінчуючи зварюванням під флюсом (за наявності електрода, що плавиться). Крім того, цей процес класифікується за впливом на зварювальну ванну. Джерела можуть бути як з одного боку (гібридна технологія), так і з різних сторін від зварювальної ванни (комбінована технологія).

Для виконання зварного з'єднання дуговим зварюванням під шаром флюсу необхідно проводити зварювання в кілька проходів з великим діаметром дроту зварювального і великими значеннями зварювального струму. Флюс у розплавленому стані дуже токсичний, та його залишки потрібно видаляти. Але основним недоліком даної технології є трудомісткість слюсарної операції із зачистки шва від шлакової кірки. Лазерно-дугове зварювання дозволяє виконати глибше проплавлення при значно меншому значенні зварювального струму без виконання оброблення кромки. Орієнтовні режими зварювання представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Режими автоматичного зварювання вуглецевих та низьколегованих сталей

Метод зварювання	Значення зварного струму, А
Дугове зварювання під шаром флюсу	650-700
Лазерно-дугове зварювання	250-300

Крім того, гібридна технологія дозволяє збільшити швидкість, зварювання в захисних газах ( $V_d=1,8$  м/хв;  $V_r=1,5$  м/хв). При цьому зварювання протікає значно стабільніше та з більш високим ККД у порівнянні з дуговим зварюванням. Важливим аспектом також є вимоги до підготовки кромки деталей. ЛДЗ дозволяє суттєво знизити вимоги до зазорів та точність збірки порівняно з дуговим зварюванням [3].

Однак, незважаючи на свої переваги, лазерно-дугове зварювання має ряд недоліків. Основним є економічний аспект. Для виконання лазерно-дугового процесу необхідні джерело лазерного випромінювання (як правило, це ітербієві волоконні лазери), пристрій для фокусування випромінювання, а також джерело живлення для дуги та механізм подачі. Для проведення зварювання потрібна висока кваліфікація обслуговуючого персоналу, так як необхідно правильно підібрати ряд параметрів: лазерну потужність, відносне розташування фокусування лазерного променя та дуги, швидкість зварювання, кут нахилу електрода та ін. [3,4].

Висновок. Впровадження електротехнологічних методів забезпечує значне підвищення продуктивності праці практично в усіх галузях виробництва, сприяє поліпшенню якості продукції [5,6]. Гібридну технологію доцільно та економічно вигідно застосовувати в умовах велико-серійного та масового виробництва, за допомогою лазерно-дугового зварювання можливо підвищити якість виробів, збільшити продуктивність та зменшити затрати в праці.

#### **Список використаних джерел**

1. Перспективы внедрения лазерно-дугового процесса для сварки металлов больших толщин / Туричин Г.А. та ін. Санкт-Петербург : СПбГПУ, 2010. С181-187.
2. Туричин, И.А. Цибульский, М.В. Кузнецов. Технология гибридной лазерно-дуговой сварки: учеб. пособие. Санкт-Петербург, 2015. 48 с.
3. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Чирков А.М. Гибридные технологии лазерной сварки: учеб. пособие. Москва, 2004. 54 с.
4. Кривцун И.В. Гибридные лазерно-дуговые процессы сварки и обработки материалов. Киев, 2002. 393 с.
5. Гулевський В. Б, Постол Ю.О., Стьопін Ю.О., Стручаєв М.І., Борохов І.В. Шляхи оптимізації навчальної дисципліни «Електротехнології» у формуванні професійних якостей майбутнього фахівця аграрної сфери. // International Trends in Science and Technology: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference. Vol.1 (С. 30 – 32) 2018.
6. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни «Електротехнології в АПК» для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В. Б. Гулевський, Ю. О. Постол, М. І. Стручаєв, В. С. Попрядухін, І. В. Борохов. Мелітополь: ФОП Белень В.В., 2021. 48с.

**Науковий керівник:** *Гулевський В.Б., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.*

# ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Єфимов А. В., [zzkkvv@ukr.net](mailto:zzkkvv@ukr.net)

*Мелітопольський промислово – економічний фаховий коледж*

ТОВ «Термоліт» є єдиним на Україні виробником цілого ряду індукційного обладнання для нагріву і плавки металу. В даний час підприємство серійно випускає наступні види індукційного обладнання: індукційні тигельні плавильні електропечі серії ємністю від 10 кг до 3000 кг, тиристорні перетворювачі частоти різної потужності та частоти від 0,5 кГц до 8 кГц, індукційні нагрівальні і гартівні установки різної потужності на частоти від 0,5 кГц до 22 кГц, високочастотні транзисторні генератори різної потужності на частоти від 2,4 кГц до 440 кГц.

При виробництві широкого асортименту продукції за індивідуальними вимогами замовників постає питання розробки шафи керування установкою в автоматичному режимі.

На рисунку 1 представлено виготовлену підприємством автоматизовану індукційну установку для гарту валів та шестерень.



Рисунок 1 – Автоматизована індукційна установка для гарту валів та шестерень.

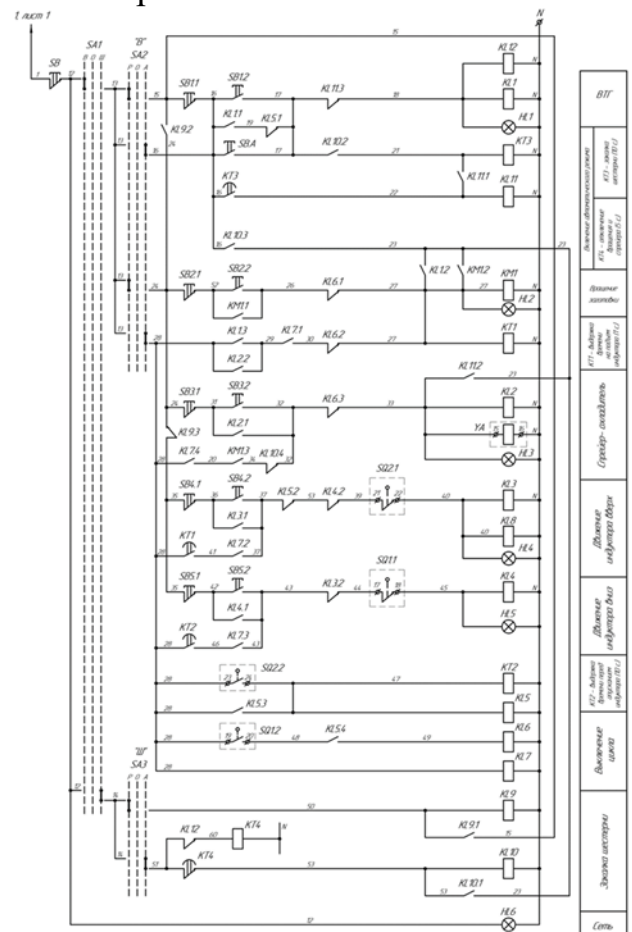


Рисунок 2 – Схема електрична принципова гартівної установки на контактно-релейних елементах

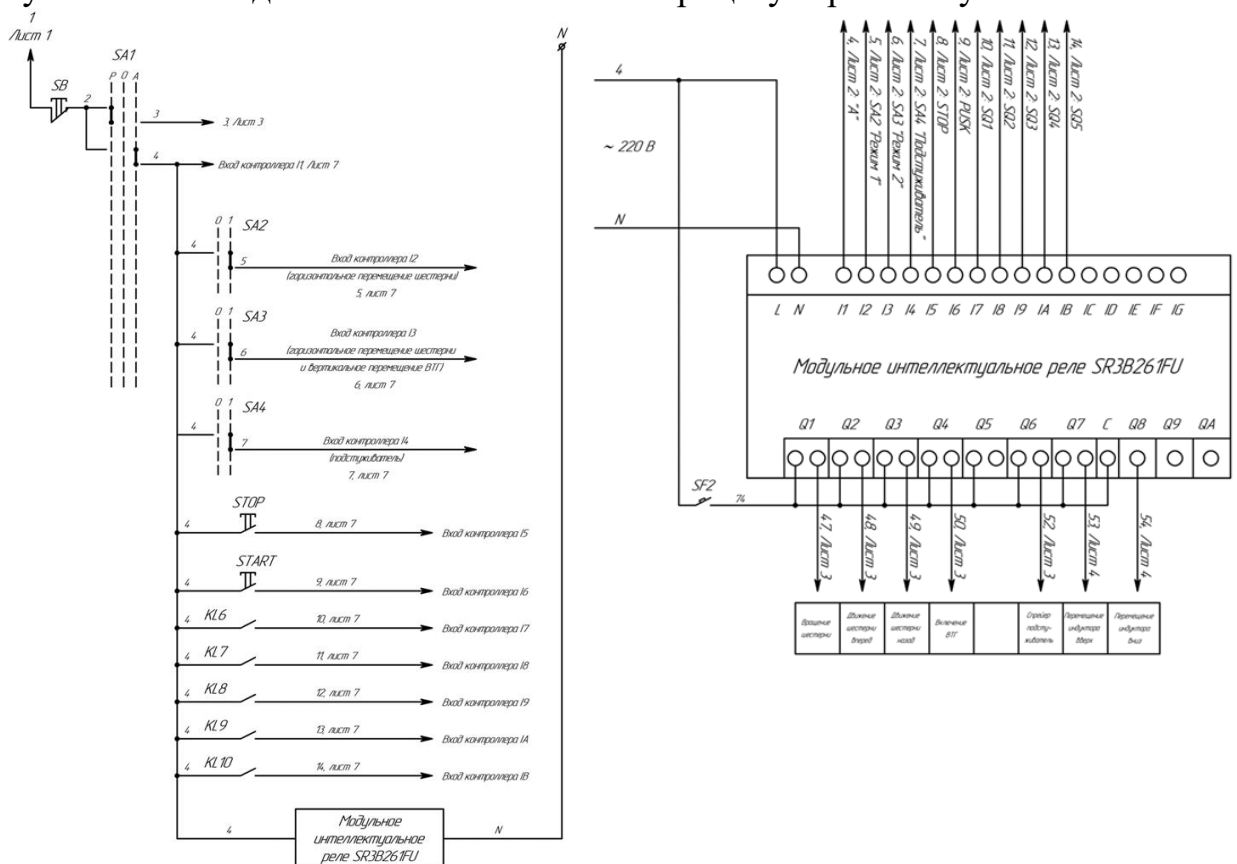
Ефективність виробництва, якість монтажних робіт на налагодження, надійність роботи обладнання залежать від професійного проектування схеми автоматизації, складання якої на контактно-релейних елементах має вид приведений на рисунку 2.

До недоліків такої схеми варто віднести:

- складність налагодження роботи обладнання при зміні параметрів технологічного процесу (часто потребує заміни елементів схеми).
- складність та тривалість монтажу за рахунок великої кількості елементів.
- значна імовірність відмов.
- завищені масо-габаритні показники.

Для усунення зазначених недоліків інженерним відділом підприємства впроваджено застосування інтелектуального реле для систем автоматизації Zelio Logic. Це прості у виборі, установці і програмуванні, пристрої, що підходять для застосування в промисловості і невиробничій сфері, які доступні в двох виконаннях - компактному або модульному (розширюваному), і з двома мовами програмування (FBD або LADDER). Пристрої дозволяють керувати установками і контролювати їх безпосередньо на об'єкті або дистанційно.

Схема електрична принципова гартівної установки з інтелектуальним реле Zelio Logic приведена на рисунку 3. Схема має значно менше елементів, що скорочує витрати на монтаж, налагодження та підвищує надійність та гнучкість схеми до вимог технологічного процесу гартівних установок.



### Рисунок 3 – Схема електрична принципова гартівної установки з інтелектуальним реле Zelio Logic

Апробація на виробництві даного впровадження показало гнучкість схеми до зміни параметрів технологічних процесів, що обумовило пріоритетний напрямок при проектуванні схем автоматизації технологічного обладнання, що виготовляє підприємство, зокрема при виготовленні автоматизованої індукційної установки для гарту валів з використанням безконтактних кінцевих вимикачів.

Однак, використання інтелектуальних реле для автоматизації технологічних процесів висуває вимоги до підвищення рівня фахової майстерності електромонтажників, налагоджувального та обслуговуючого персоналу, та є актуальним питанням при підготовці фахівців спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

**Керівник:** *Зубкова К.В., викладач спец.дисциплін Мелітопольського промислово – економічного фахового коледжу*

## ОСОБЛИВОСТІ СОНЯЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

**Явор М.Р., [zzkkvv@ukr.net](mailto:zzkkvv@ukr.net)**

*Мелітопольський промислово – економічний фаховий коледж*

Одним із перспективних відновлювальних джерел енергії, є сонячна енергетика. Завдяки розвитку нових технологій і запровадженню «зелених» тарифів сонячні енергетичні системи і пристрої дозволяють здійснювати ефективний виробіток та економію електричної енергії, завдяки природнім, практично не вичерпним можливостям світлового випромінювання Сонця із практично відсутнім впливом на екологічний стан довкілля.

При проходженні технологічної практики на підприємстві, на якому встановлено сонячну електростанцію, виявлені переваги та недоліки таких джерел альтернативної енергетики. До переваг сонячних систем можна віднести:

- доступність і невичерпність сонячного випромінювання в якості джерела енергії;
- теоретично повна екологічна безпека для навколишнього середовища (існує мала імовірність нагрівання атмосфери над фотоелектростанцією);
- економічність процесу використання сонячних батарей;
- мінімальний рівень планового технічного обслуговування та висока надійність (близько 25-50 років для якісних фотоелементів, із втратою по потужності до 80% від початкової).

Не зважаючи на переваги, сонячних енергетичних систем, вони мають наступні недоліки:



- залежність від погоди, часу доби та пори року, і як наслідок необхідність акумуляції енергії;
- низький ККД (14-16 %)
- порівняно висока вартість конструкції на сьогоднішній день (до 2-5 \$ за 1Вт потужності);
- необхідність періодичного очищення поверхні від пилу та атмосферних опадів.

Аналізуючи основні техніко-економічні характеристики сонячних енергетичних систем, визначено що підвищення ефективності їх використання можливе шляхом збільшення питомого показника виробленої електричної енергії при мінімальних затратах на будівництво та обслуговування.

Вихідна потужність модуля сонячних батарей:

$$P_{FEP} = I_{FEP} \cdot U_{FEP} = \eta \cdot K_t \cdot k \cdot I_{opt} \cdot S_{ef} \cdot \cos\alpha$$

де  $I_{opt}$  - інтенсивність оптичної потужності сонця,

$\eta$  - коефіцієнт корисної дії перетворення,

$k$  - коефіцієнт поглинання,

$S_{ef}$  - ефективна площа,

$\alpha$  - кут падіння випромінювання на активну поверхню.

Звідки видно, що для більш ефективного перетворення, кут падіння випромінювання на активну поверхню  $\alpha$ , повинен максимально наближатися до  $90^\circ$ , що відповідає умові максимального перетворення  $\cos 90^\circ = 1$ .

Ефективність та ККД сонячних батарей помітно змінюється протягом доби і може зменшуватись на 30 - 40 % від максимального значення для не слідкуючих за Сонцем систем(в яких не передбачено автоматичного наведення на Сонце),тому перспективним є встановлення трекерних сонячних систем для повороту та радіального переміщення панелей, що мають забезпечують умову  $\alpha = 90^\circ$ .





Рисунок 1 -Елементи енергетичної системи

Серед шляхів підвищення ефективності використання сонячних енергетичних систем можливі варіанти встановлення трекерних систем для повороту та радіального переміщення панелей чи використання Сонячних станцій з розподіленим параболоциліндричним приймачем, або можливе використання технології дзеркал, які дозволяють підвищити енергетичну виробітку електроенергії шляхом використання незадіяних площ та приводить до підвищення коефіцієнта використання площі до 1,6 - 2.

Актуальним питанням залишається правильне і чітке позиціонування дзеркал, для запобігання виходу відбитого ним випромінювання поза межі батареї при руху Сонця вздовж лінії горизонту на протязі світлового дня, ці питання потребують додаткових досліджень.

**Керівник:** *Зубкова К.В., викладач спец.дисциплін Мелітопольського промислово – економічного фахового коледжу*

## **ЯДЕРНА ЕНЕРГЕТИКА НАДІЙНЕ ДЖЕРЕЛО ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПІД ЧАС ПАНДЕМІЇ COVID-19**

**Бурак О.Ю.** [kardinal626@ukr.net](mailto:kardinal626@ukr.net)

*Таврійський Державний Агротехнологічний Університет Імені Дмитра Моторного*

Під час пандемії COVID-19 оператори об'єктів ядерної енергетики в усьому світі забезпечували надійну роботу атомних електростанцій (АЕС). Про це свідчать дані по експлуатації АЕС за 2020 рік. МАГАТЕ опублікувало щорічні дані про стан ядерної енергетики за 2020 рік, зібрані в рамках Інформаційної системи з енергетичних реакторів (ПРИС) - загальнодоступною всеосяжної бази даних МАГАТЕ з ядерної енергетики. Протягом усієї пандемії COVID-19 використання наявних ядерних енергетичних потужностей забезпечувало надійне електропостачання з низьким рівнем викидів.

Станом на кінець грудня 2020 року 442 діючі ядерні енергетичні реактори в 32 країнах виробляли в цілому 392,6 ГВт. В цілому з 2011 року обсяг ядерно-енергетичних потужностей поступово збільшувався: завдяки підключенню нових енергоблоків до мережі і модернізації існуючих реакторів було додано близько 23,7 ГВт потужності[1].

Протягом року оператори приділяли пріоритетну увагу подальшій експлуатації АЕС, захист персоналу та застосування інноваційних підходів до організації роботи. За 2020 рік, пандемія не привела до вимушених зупинок і не зробила прямого впливу на експлуатацію АЕС.

Однак пандемія вплинула на графіки планових відключень для перезавантаження і технічного обслуговування через перебої в ланцюзі постачань, обмежень на поїздки або обмежень на допуск зовнішнього персоналу на майданчики.

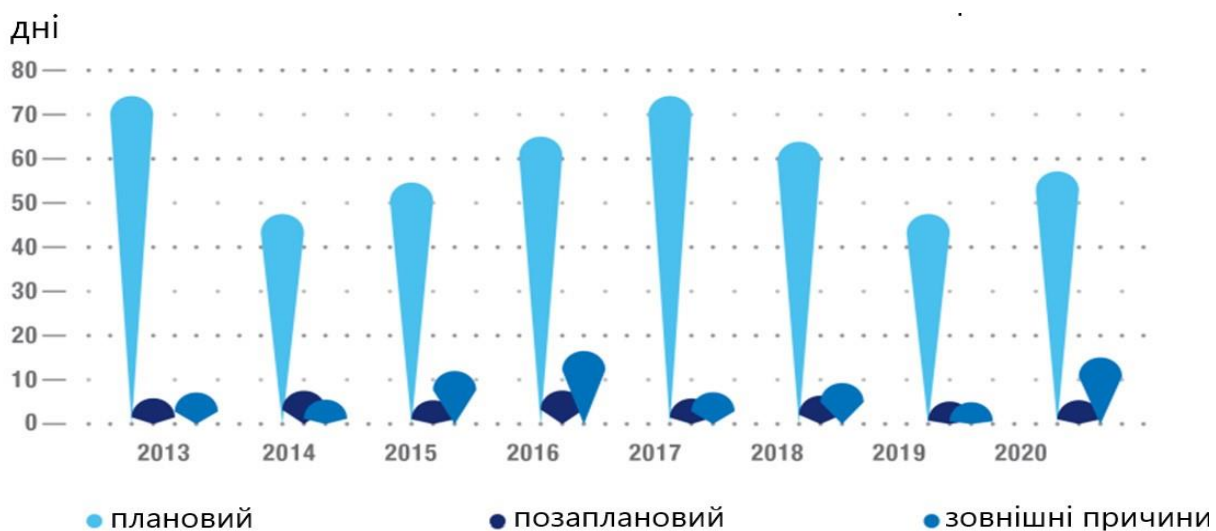


Рис.1-Графіки планових відключень і технічного обслуговування

Загальновідомо, що зростання виробництва і споживання енергії нерозривно пов'язане з прогресом суспільства, яке протягом усієї своєї історії, а особливо у сучасних умовах, постійно веде боротьбу за збільшення свого енергетичного багатства [2]. Протягом 2020 року ядерні енергетичні реактори справили

2553,2ТВт·год електроенергії з низьким рівнем викидів, подачу якої можна регулювати залежно від попиту. Це становить близько 10% від загального обсягу глобальної генерації і майже третина світового виробництва низьковоуглецевої електроенергії. У 2020 році вироблення атомної енергії було дещо нижче, ніж у порівнянні з 2019 роком, коли ядерні реактори усьому світі справили 2657,1 ТВт·год. Зниження вироблення атомної енергії відбулося в Африці через зменшення попиту на електроенергію і в Північній Америці і Західній Європі внаслідок скорочення попиту. При цьому спостерігається протягом останніх років тенденція до постійного

збільшення вироблення атомної енергії не змінюється: з 2012 року зростання склало більше 8%.

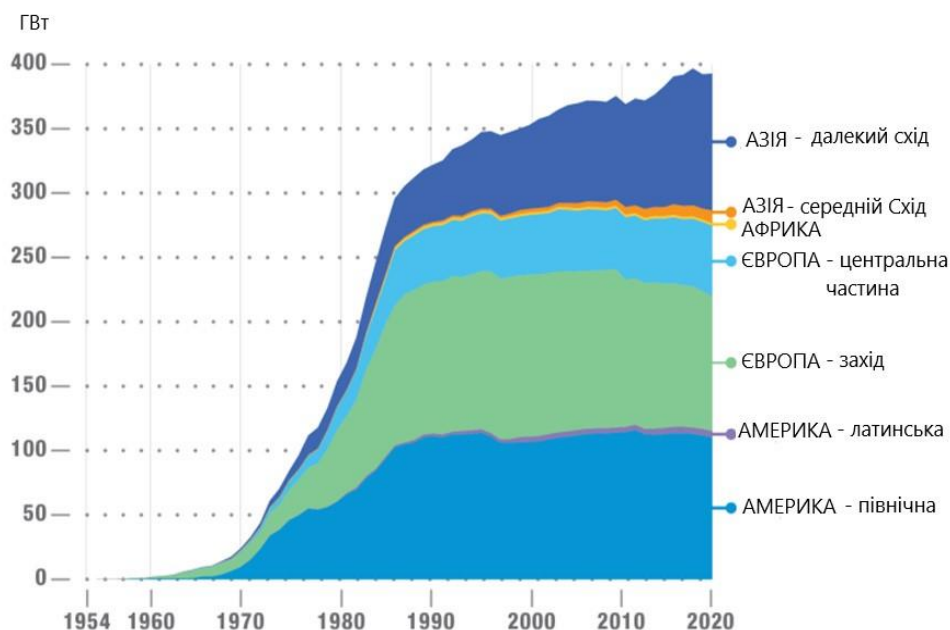


Рис.2-Графік попиту на електроенергію у світі

У 2020 році порівнянні з попереднім роком генеруючі потужності у всьому світі трохи збільшилися - на 0,5 ГВт, але при цьому один реактор був виведений з експлуатації. В коротко- і довгостроковій перспективі найбільше зростання очікується в Азії, де за станом на кінець 2020 року будувалися 34 реактори з загальною потужністю приблизно 34,6 ГВт [3].

#### Список використаних джерел

1. Ядерна енергетика доводить свою ефективність у часи пандемії – МАГАТЕ. *Новості Енергоатома*. URL: <https://хаес.org.ua/store/pages/rus/archive/2021-m08/all.html> (дата звернення: 30.10.2021)
2. Гулевський В., Постол Ю., Стручаєв М., Попрядухін В., Борохов І. Основні принципи проектування автономного енергогенеруючого комплексу. *Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph*. Boston: Primedia eLaunch, 2020. P. 106-114.
3. Nuclear Power Proves its Vital Role as an Adaptable, Reliable Supplier of Electricity during COVID-19. *The Power Reactor Information System (PRIS)*. URL: <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/yadernaya-energetika-dokazala-svoyu-znachimost-kak-gibkiy-i-nadezhnyy-istochnik-elektroenergii-vo-vremya-pandemii-covid-19> (дата звернення: 30.10.2021).

**Науковий керівник:** Гулевський В.Б., доцент кафедри ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## МАГНІТНО-ВИХОРОВИЙ НАГРІВАЧ

**Вдовін Б.В.**, *Email: [vdovinbogdan0@gmail.com](mailto:vdovinbogdan0@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного*

### **Актуальність та постановка проблеми.**

У системі постачання енергії можуть виникати невідповідності – як у часі, так і у просторі – між подачею енергії і споживанням. Подолання цих невідповідностей є основною задачею акумулювання енергії.

Якщо така невідповідність викликається змінами у споживанні енергії, то це задача зняття пікового навантаження, яка може бути розв’язана частково і за допомогою акумулювання енергії. Особливе значення набуває при цьому використання поновлювальних джерел.

### **Основні матеріали.**

Впровадження сучасних засобів отримання теплової енергії на теперешній час є пріоритетним завданням економіки. Однією із необхідних задач являється використання в якості джерела отримання тепла складові поновлювальних джерел енергії. Іншим завданням є акумулювання отриманого тепла тривалий час із найменшими втратами.

Розробкою учбової лабораторії кафедри є пристрій, який перетворює енергію повітряного потоку у теплову енергію. Енергія вітрового потоку передається за допомогою гнучкого валу до передаточного пристрою, який збільшує частоту обертання вторинного валу у 12 разів. На вторинному валі розміщується диск з неодимовими магнітами (20x3 мм, сила 3,5 кг). Ці магніти створюють швидкозмінне магнітне поле, яке перетинає площу змійовика з мідними трубками. Нагріта у трубках вода потрапляє у ємність для опалення приміщення. Оскільки швидкість повітря не завжди буває достатня для того, щоб створити на вторинному валі необхідну частоту обертання магнітного поля, ця система обігріву діє паралельно “традиційній” системі опалення.

Основними частинами пристрою є мідний змійовик діаметром 1 см з водою, пластиковий диск діаметром 25 см з вмонтованим в нього 16-тю неодимовими магнітами. Насос перекачує воду в ємність об’ємом 40 л, вона має теплоізоляцію товщиною 10 мм із алюмінієвої фольги та зпіненого полістеролу. У верхній частині ємності закріплений датчик температури рідини.

Кожні 5 хвилин фіксувалася температура нагріву повітря. Через 40-45 хвилин ця температура практично була усталеною.

Таблиця 1 – Експериментальні дані нагріву теплоносія

T, хв	0	5	10	15	20	25	30	35	40
t, °C	18	34	40	47	53	58	63	66	67

Після відключення електродвигуна також фіксувалася температура повітря. Протягом 10 годин вона впала з 67 до 61°C, що є достатньо хорошим показником. Ефективним буде використання теплообмінника, який буде занурений у рідину.

#### **Список використаних джерел**

1. Воронин С.М., Оськин С.В., Головкин А.Н. Возобновляемые источники энергии в энергосбережении. Краснодар: 2006. 267 с.
2. Мхитарян Н.М. Энергосберегающие технологии в жилищном и гражданском строительстве. К.: Наукова думка, 2000. 415с.
3. Оніпко О.Ф., Коробко Б.П., Миханюк В.М. Вітроенергетика та енергетична стратегія. К: УАН, Фенікс, 2008. 168с.

**Науковий керівник:** *Стьопін Ю.О., к.т.н., доцент кафедри ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА В УКРАЇНІ**

**Глазирін І.М., [glazirinivan@ukr.net](mailto:glazirinivan@ukr.net)**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Одним з важливих аспектів ведення сучасного господарства є економічне використання енергії, яке полягає в застосуванні технологій автономного енергозбереження. Сьогодні, коли як ніколи гостро стоять питання економії енергетичних і паливних ресурсів, а також захисту навколишнього середовища на досягнення прогресу в області теплопостачання, вдосконалення наявних і створення нових конструкцій спрямовані наукові дослідження, пошуки інженерних рішень [1,2].

Геотермальна енергетика - напрямок енергетики, заснований на використанні теплової енергії надр Землі для виробництва електричної енергії на геотермальних електростанціях, або безпосередньо, для опалення або гарячого водопостачання. Зазвичай відноситься до альтернативних джерел енергії, які використовують відновлювані енергетичні ресурси.

Термальні регіони існують у багатьох областях світу. Ці зони зазвичай розташовані в місцях найбільшої сейсмічної активності там, де відбувається переміщення тектонічних плит і їх розриви. Тому найбільш перспективними в плані розвитку геотермальної енергетики вважаються зони вулканічної активності.

Існуючі технології дозволяють виробляти електроенергію з геотермальних джерел безпосередньо з високотемпературної пари, з пароводяних сумішей за технологією спалаху або з геотермальної води за допомогою бінарної технології. Наприклад, для отримання геотермальної енергії здійснюється буріння свердловини, зазвичай на глибині понад 1 км. За допомогою свердловини здійснюється забір пари та гарячої води з надр.

Гаряча вода в свердловині циркулює постійно, а за допомогою гарячої пари відбувається віддача теплової енергії [2].

Тепловий потік, поточний з надр Землі через її поверхню, становить  $47 \pm 2$  ТВт тепла (400 тис. ТВт·год в рік, що в 17 разів більше всієї світової вироблення, і еквівалентно спалюванню 46 млрд тон вугілля), а тепла потужність, що виробляється землею за рахунок радіоактивного розпаду урану, торію і калію-40 оцінюється в  $33 \pm 20$  ТВт, тобто до 70% тепловтрат Землі заповнюється. Використання навіть 1% цієї потужності еквівалентно декільком сотням потужних електростанцій. Однак, щільність теплового потоку при цьому становить менше  $0,1$  Вт / м<sup>2</sup> (в тисячі і десятки тисяч разів менше щільності сонячного випромінювання), що ускладнює її використання.

Головним достоїнством геотермальної енергії є її практична невичерпність і повна незалежність від умов навколишнього середовища, часу доби і року. Коефіцієнт використання встановленої потужності ГеоТЕС може досягати 80%, що недосяжно для будь-якої іншої альтернативної енергетики (крім ТЕС, що працюють на біопаливі) [3].

#### Недоліки

Економічна обґрунтованість свердловин. Для того, щоб перетворити теплову енергію в електричну за допомогою якої-небудь теплової машини (наприклад, парової турбіни), необхідно, щоб температура геотермальних вод була досить велика, інакше ККД теплової машини буде дуже низьким .

Провокування землетрусів. Економічна обґрунтованість буріння та інфраструктури свердловин змушує вибирати місця з великим геотермічним градієнтом. Такі місця зазвичай знаходяться в сейсмічно активних зонах. Крім того, при будівництві ГЦС-станції проводиться гідравлічне стимулювання порід, що дозволяє за рахунок додаткових тріщин збільшити теплообмін теплоносія з породами [3].

Встановлена потужність геотермальних електростанцій (ГеоТЕС) на кінець 2018 року становить 13155 МВт або 0,2% від встановленої потужності електростанцій світу (тут і далі світ включає 179 країн). У порівнянні з 1990 роком приріст встановленої потужності ГеоТЕС склав 7454 МВт або 56,7%. У той же час, в структурі встановленої потужності електростанцій світу частка ГеоТЕС в 2018 році знизилася в порівнянні з 1990 роком на 0,1%. У структурі поновлюваних джерел енергії світу на частку ГеоТЕС на кінець 2018 року припадає 0,6%. У 1990 і 2018 роках виробництво електроенергії-брутто на ГеоТЕС склало відповідно 36,4 і 87,9 млрд квт · год або 0,4% і 0,3% до світового (179 країн світу) виробництва електроенергії-брутто в 1990 і 2018 роках.

На рисунку 1 представлена схема геотермальної електростанції.

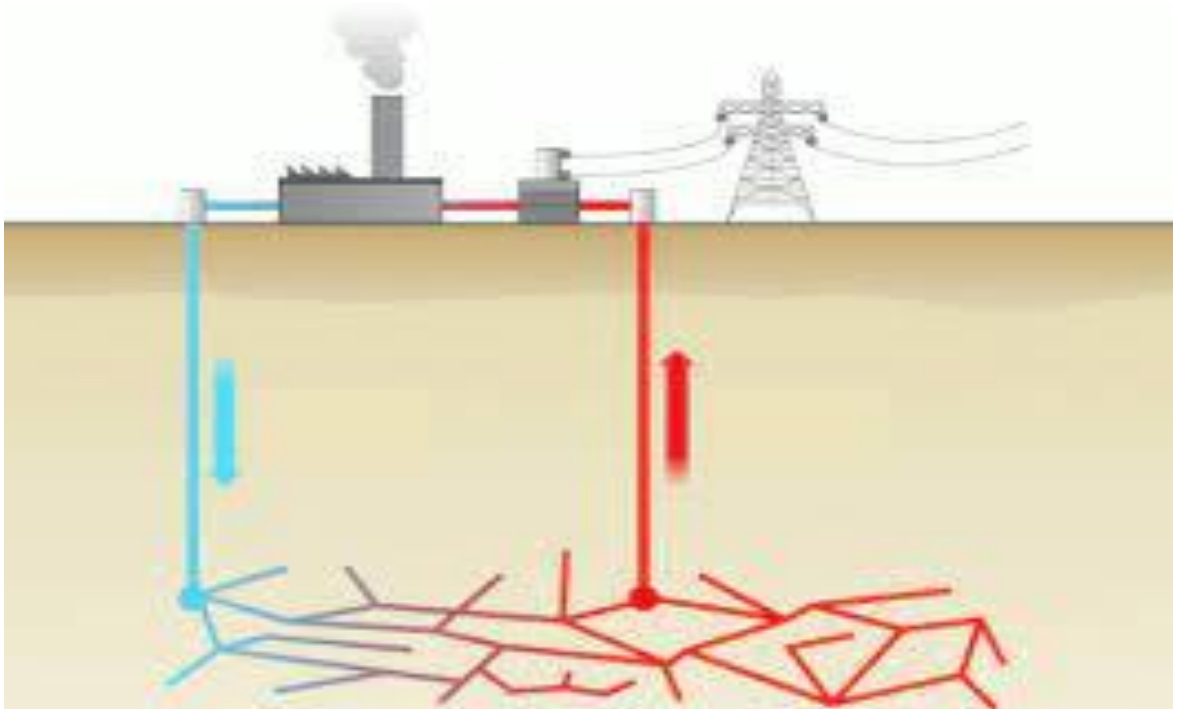


Рисунок 1- Геотермальна електростанція

Станом на сьогодні в Україні немає діючих геотермальних електростанцій. На даний момент підписані тільки меморандуми з іноземними державами (зокрема, Китаєм та Ісландією) про співробітництво в сфері геотермальної енергетики та вивчення геотермального потенціалу України.

Відсутність в Україні геотермальних електростанцій пояснюється, зокрема, браком належного нормативного регулювання діяльності в сфері геотермальної енергетики.

Завдяки наявності в Україні запасів підземних вод в окремих областях, є і можливість вироблення енергії геотермальним способом. Також цьому сприяє і законодавство України в сфері альтернативної енергетики (в тому числі в частині "зеленого" тарифу для такого рідко використовуються джерела відновлюваної енергії). Основна проблема полягає в регулюванні використання самого ресурсу ще до початку виробництва електроенергії. Сплата двох видів рентної плати, отримання різних за назвою, але схожих по суті дозволів на використання ресурсів в двох різних відомствах створює бюрократичні бар'єри для потенційних виробників геотермальної електроенергії і несприятливо впливає на фінансову модель і кредитну привабливість таких проектів [2].

#### **Список використаних джерел.**

1. Дінабурський В. С, Гулевський В. Б. Застосування інверторів напруги в автономних системах енергозабезпечення тепличних комплексів з використанням сонячних панелей. *Науковий вісник Таврійського державного*



*агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, Т.2. DOI:<https://doi.org/10.31388/2220-8674-2018-2-37>.

2. Гулевський В.Б. Нова конструкція пристрою, що збирає та використовує теплову сонячну енергію. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 05 - 25 квітня 2021 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, О. А. Єременко, І. П. Назаренко [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С.35-36. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/tezy-hulevskij-v-.pdf> (дата звернення: 24.10. 2021).

3. Геотермальна енергетика в Україні: офіц. Веб-сайт. URL: [https://uz.ligazakon.ua/magazine\\_article/EA014534](https://uz.ligazakon.ua/magazine_article/EA014534) (дата звернення: 23.10.2021)

4. Белоусов В.И. Природные катастрофы и экологические риски: Петропавловск-Камчатский 2002. 132с.

5. Гулевський В., Постол Ю., Стручаєв М., Попрядухін В., Борохов І. Основні принципи проєктування автономного енергогенеруючого комплексу. Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph. Boston: Primedia eLaunch, 2020. P. 106-114.

6. Стьопін Ю. О., Гулевський В. Б., Перова Н. П. Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії: методичні вказівки до практичних робіт для здобувачів ступеня вищої освіти «Магістр» зі спеціальності 141 - “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Мелітополь, 2019. 60 с.

**Науковий керівник:** Гулевський В.Б., доцент кафедри ЕТТП, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ І ЇХ СТРУКТУРА**

**Шквиря В.В.,** [greejin2011@gmail.com](mailto:greejin2011@gmail.com)

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Однією з передумов використання нових інформаційних технологій в процесі навчання є створення сприятливих умов для вільного доступу до навчальної та наукової інформації як для викладачів, так і студентів. Пріоритетом діяльнісного підходу до процесу вивчення дисциплін, а так само розвиток у студентів - це уміння проводити спостереження всіляких явищ і процесів, оцінювати і узагальнювати результати цих спостережень, використовуючи вимірювальні пристрої та прилади [1,2].

Система автоматизованого проєктування (далі – САПР) – це система, що включає користувача (інженера, конструктора, технолога) і комплекс засобів автоматизації проєктування, які утворюють технічне (далі – ПК), програмне, математичне, інформаційне, лінгвістичне, методичне, організаційне забезпечення.

Розрізняють автоматизоване й автоматичне проектування. Автоматизованим називають проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта і алгоритму його функціонування, а також представлення описів на різних мовах здійснюються взаємодією людини і ПК. Автоматичним є проектування, при якому всі перетворення описів об'єкта й алгоритму його функціонування, а також представлення опису на різних мовах здійснюються без участі людини [3].

Розвиток САПР ґрунтується на сучасній науково-технічній базі[4,5]. До неї належать засоби обчислювальної техніки – мікро-ЕОМ і міні-ЕОМ, персональні комп'ютери, обчислювальні системи, розподільні обчислювальні мережі, нові методи подання та обробки інформації, побудовані на принципах штучного інтелекту, а також нові чисельні методи вирішення складних технічних завдань і оптимізації.

Сучасний ринок САПР пропонує широкий спектр програмних продуктів для вирішення великого кола завдань за допомогою ПК, усі ці продукти можна класифікувати за рівнями [3].

САПР складається з підсистем (рис. 1). Розрізняють підсистеми проектувал

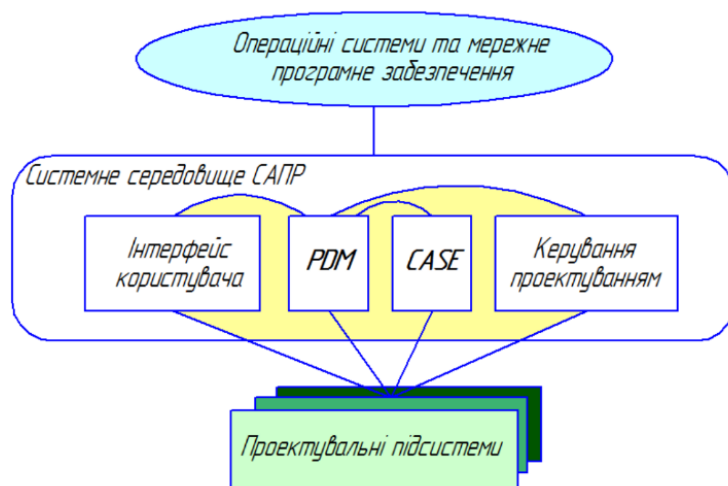


Рисунок 1 – Структура програмного забезпечення САПР

Проектувальні підсистеми безпосередньо виконують проєктні процедури. Прикладами проектувальних підсистем можуть слугувати підсистеми геометричного тривимірного моделювання механічних об'єктів, виготовлення конструкторської документації, аналізу схемотехніки, трасування з'єднань у друкарських платах.

Обслуговчі підсистеми забезпечують функціонування проєктуючих підсистем, їх сукупність зазвичай називають системним середовищем (або оболонкою) САПР. Типовими обслуговчими підсистемами є підсистеми керування проєктними даними (PDM – Product Data Management), керування

процесом проектування (DESPM – Design Process Management), призначеного для користувача інтерфейсу, для зв'язку розробників з ЕОМ, CASE (Computer Aided Software Engineering), для розроблення й супроводу програмного забезпечення САПР, навчальні підсистеми для освоєння користувачами технологій, реалізованих у САПР [6].

САПР складається із семи взаємопов'язаних засобів забезпечення:

– технічне (далі – ТЗ) – включає різні апаратні засоби (ЕОМ, периферійні пристрої, мережне комутаційне обладнання, лінії зв'язку, вимірювальні засоби);

– математичне (далі – МЗ) – об'єднує математичні методи, моделі й алгоритми для виконання проектування;

– програмне (далі – ПЗ) – представлене комп'ютерними програмами САПР;

– інформаційне (далі – ІЗ) – складається з баз даних (далі – БД), систем керування базами даних (далі – СКБД), а також інших даних, використовуваних при проектуванні; відзначимо, що вся сукупність використовуваних при проектуванні даних називається інформаційним фондом САПР, а БД разом із СКБД має назву банку даних (далі – БНД);

– лінгвістичне (далі – ЛЗ) – виражається мовами спілкування між проектувальниками і ЕОМ, мовами програмування та мовами обміну даними між технічними засобами САПР;

– методичне (далі – МтЗ) – включає різні методики проектування, іноді до МтЗ відносять також математичне забезпечення;

– організаційне (далі – ОЗ) – представлене штатними розкладами, посадовими інструкціями та іншими документами, що регламентують роботу проектного підприємства.

Серед найпоширеніших виокремлюють такі групи САПР [6]:

1. САПР для застосування в галузях загального машинобудування. Їх ще називають машинобудівними САПР або MCAD (Mechanical CAD) системами;

2. САПР для радіоелектроніки. Їхні назви – ECAD (Electronic CAD) або EDA (Electronic Design Automation) системи;

3. САПР у сфері архітектури та будівництва. Крім того, відома велика кількість більш спеціалізованих САПР, які або виокремлюються у вказаних групах, або становлять самостійну гілку в класифікації. Прикладами таких систем є САПР великих інтегральних схем (ВІС); САПР літальних апаратів, САПР електричних машин, тощо[7].

За цільовим призначенням розрізняють САПР або підсистеми САПР, що забезпечують різні аспекти проектування. Отже, у складі MCAD є CAE/CAD/CAM системи:

1) САПР функціонального проектування, інакше САПР-Ф або CAE (Computer Aided Engineering) системи;

2) конструкторські САПР загального машинобудування – САПР-К, зазвичай звані просто CAD-системами;

3) технологічні САПР загального машинобудування – САПР-Т, інакше звані автоматизованими системами технологічної підготовки виробництва (далі – АСТПВ) або системами САМ (Computer Aided Manufacturing).

За масштабами розрізняють окремі програмно-методичні комплекси (далі – ПМК) САПР, наприклад, комплекс аналізу міцності механічних виробів відповідно до методу кінцевих елементів (далі – МКЕ) або комплекс аналізу електронних схем, системи ПМК; системи з унікальною архітектурою не тільки програмного (software), але і технічного (hardware) забезпечення.

Висновки. Навчальне проектування під час використання САПР значно розширює пізнавальні можливості. Цьому сприяють закладені механізми проектування та відображення отриманих результатів.

#### **Список використаних джерел.**

1. Стьопін Ю.О., Постол Ю.О., Гулевський В.Б. Вирішення інформаційних завдань при викладанні дисципліни “Енергозбереження і використання поновлювальних джерел енергії”. Удосконалення освітньовиховного процесу в закладі вищої освіти: зб, наук. -метод. праць. ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 23. С. 192–197.

2. Стьопін Ю.О., Постол Ю.О., Гулевський В.Б. Сучасні підходи до викладання дисципліни “Електротехнологія”. Удосконалення освітньовиховного процесу в закладі вищої освіти: зб. наук.-метод. праць. ТДАТУ. Мелітополь, 2020. Вип. 23. С. 197–202.

3. Норенков И. П. Автоматизированное проектирование. М. : 2000. 188 с.

4. Гулевский В. Б., Кузнецов И. О. Современные тенденции в автоматизациитехнологических процессов. Енергозабезпечення технологічних процесів: зб. Тездоповідей VIII Міжнар.наук.-прак. конф. пам’яті І.І. Мартиненка, 13-14 червня 2019 р. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С.44.

5. Гулевский В. Б., Кузнецов И. О. Современные тенденции в автоматизациитехнологических процессов Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету [Електронний ресурс]. Мелітополь: ТДАТУ імені Дмитра Моторного, 2019. Вип. 9, том 1. DOI: <https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-49>

6. Брюханов В. Н. Автоматизация производства: учебник / В. Н. Брюханов, А. Г. Схиртладзе, В. П. Вороненко; под. ред. Ю. М. Соломенцева. М.: Высш. шк., 2005. 367 с.

7. Біляєва А.С. Гулевський В.Б. Новий метод перетворення світла в електроенергію. Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Мелітополь, 05 - 25 квітня 2021 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М. Кюрчев, О. А. Єременко, І. П. Назаренко [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С.24-25. URL: [http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/optychna-rektanna\\_1616485463-.pdf](http://www.tsatu.edu.ua/ettp/wp-content/uploads/sites/25/optychna-rektanna_1616485463-.pdf)(дата звернення: 29.10. 2021).

**Науковий керівник:** *Гулевський В.Б., к.т.н., доцент кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРУ ВОЛОГОСТІ ЗЕРНОВОЇ МАСИ

Семитоцький О. В., [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

Державний біотехнологічний університет

Вологість – визначальний показник ефективної технології зберігання зерна в зерносховищах. Аграрії несуть значні витрати, щоб цей показник не досяг критичного значення, коли можна втратити вже готовий урожай.

За прийнятних умов зберігання зерна на елеваторах, його вологість не повинна бути вища, ніж допустима. Цей показник становить 12-16% відповідно типу культури та терміну знаходження збіжжя у сховищі. Так, для зернових злакових, які зберігаються до 1 року допустима вологість – 14-15%, для зернобобових – 15-16% та для олійних – 6-8%.

Таблиця 1 – Технологічно допустима вологість залежно від терміну зберігання зерна, %

Зерно	Зберігання	
	до 1 року	більше 1 року
Пшениця, жито, ячмінь, гречка	14-15	13-14
Овес, рис	13-14	13-14
Кукурудза, просо	14-15	12-13
Горох	15-16	14-15
Соняшник, ріпак	6-8	-

Розвиток організмів, які знаходяться в зерновій масі, характеризується появою невеликої кількості вільної вологи, яка з'являється, якщо перевищено допустиме значення на 0,5-1%.

Точно вимірювати вологість важливо для відповідних органів під час інспектування та сертифікації товарів та продуктів. Крім того, з розвитком сучасної техніки все більшу роль стала грати автоматизація технологічних процесів. Але, незважаючи на це, зробити автоматизацію деяких з них в циклі переробки або укладання зерна на зберігання неможливо, тому часто доводиться робити налаштування і контроль виробництва вручну або приблизно «на око», що неминуче призводить до втрати якості кінцевого продукту.

Так, наприклад, під час прийому зерна і вивантаження зерновою внаслідок некоректного визначення вологості при вивантаженні зерна виникають величезні втрати маси. Тим більше що на багатьох підприємствах досі використовують такий спосіб вимірювання як «вимір зміни маси», що збільшує час прийому, а значить і термін усього циклу виробництва.

Дотримання норм метрологічного нагляду, забезпечення необхідної точності вимірювання вологості зернової маси відбувається за рахунок метрологічного забезпечення процесу вимірювань.

Таким чином, розробка метрологічного забезпечення для дількометричних вимірювачів вологості сприяє підвищенню точності вимірювань та запобігає втратам зернової маси в зерносховищах.

#### **Список використаних джерел**

1. Кричевский Е. С. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов / Е. С. Кричевский, А. Г. Волченко, С. С. Галушкин // М., 1987.

2. Берлинер М. А. Измерения влажности / М. А. Берлинер // М., 1973.

**Науковий керівник:** *Ляшенко Г. А., к.т.н., доц., доцент кафедри БМІТЕ, Державний біотехнологічний університет*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ**

**Штерєб Ю. Т., [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)**

*Державний Біотехнологічний університет*

На сьогоднішній день актуальним завданням є розробка нових економічних, ефективних і екологічно безпечних технологій, спрямованих на підвищення врожайності та якості посівного матеріалу.

Одним з таких напрямків є використання інформаційного електромагнітного поля надвисокої частоти (ЕМП НВЧ). Тому для вирішення даної задачі є необхідною розробка математичної моделі, на основі якої визначався б можливий діапазон зміни біотропних параметрів ЕМП для передпосівної обробки насіння.

Дослідження по впливу ЕМП високої частоти (ВЧ), надвисокої частоти (НВЧ) і крайвисокої частоти (КВЧ) на насіння різних культур показують, що вони при певних енергоінформаційних параметрах ЕМП можуть підвищити схожість і енергію проростання насіння до 30%.

Рослини, вирощені з обробленого насіння ЕМП НВЧ і КВЧ діапазонів сходять на кілька днів раніше контрольних, мають перевагу по вегетативній масі і по врожайності до 30...40%, некондиційні насіння досягають рівня кондиційних [1, 2]. Але в даному випадку застосування електромагнітних полів вимагає точного визначення біотропних параметрів, що дозволить домогтися підвищення.

Підвищення врожайності і якості насіння можливо через їх передпосівну обробку інформаційних ЕМП з певними біотропними параметрами. Отже, для визначення біотропних параметрів ЕМП повинна бути побудована модель, що дозволяє визначити діапазон зміни даних параметрів (частота, потужність, експозиція, модуляція) для передпосівної обробки насіння.

Був проведений теоретичний аналіз по визначенню біотропних параметрів інформаційного модульованого ЕМП. Для визначення резонансної частоти, індексу модуляції і величини напруженості електричного поля для опромінення насіння була розроблена модель у вигляді сфероїда з відносною діелектричною проникністю  $\epsilon$  і магнітною проникністю  $\mu=1$ .

В якості збуджуючого електромагнітного випромінювання розглядалася електромагнітна хвиля з напруженістю електричного поля, що змінюється за законом:

$$\vec{E}^i = \vec{E}_0(1 + m \sin \Omega t) \sin(\omega t + k(\vec{n}, \vec{R})), \quad (1)$$

де  $k = \frac{\omega}{c}$  – хвильове число,  $m^{-1}$ ;

$c$  – швидкість світла у вакуумі,  $m/c$ ;

$\vec{n}$  – одиничний вектор, що визначає напрям розповсюдження хвилі;

$\omega$  – кутова частота,  $c^{-1}$ ;

$\Omega$  – частота модуляції,  $c^{-1}$ ;

$m$  – коефіцієнт глибини модуляції, що характеризує ступінь зміни амплітуди;

$\vec{E}_0$  – постійний вектор,  $\vec{R} = x\vec{e}_x + y\vec{e}_y + z\vec{e}_z$ ,  $\vec{e}_x, \vec{e}_y, \vec{e}_z$  – орти Декартові системи координат.

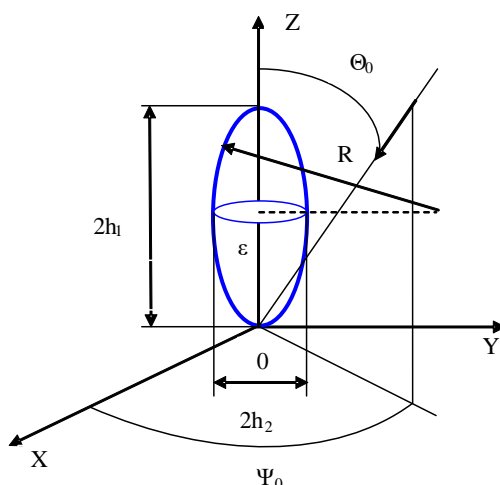


Рисунок 1 – Електродинамічна модель насіння

Збуджуюча хвиля характеризується трьома основними параметрами: частота, частота модуляції та максимальна амплітуда. В результаті взаємодії цієї хвилі з діелектричним сфероїдом (модель насіння) в ньому збуджується електромагнітне поле. Основною характеристикою цього поля є усереднена за об'ємом сфероїда напруженість електричного поля. Проаналізуємо, як залежить від основних параметрів збуджуючої хвилі ця характеристика.

Аналіз показав, що усереднена напруженість електричного поля  $E_{cp}^+$  визначається рівнянням:

$$E_{cp}^+ = \frac{2\pi}{|V|} \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} E_0^+(\Gamma_2, a(Z_2)) \Gamma_2 d\Gamma_2, \quad (2)$$

де  $|V|$  – об'єм сфероїда,  $m^3$ .

Рішення вихідної задачі про взаємодію модульованої електромагнітної хвилі з діелектричним сфероїдом зведено до розв'язання двох аналогічних задач для хвильових чисел:

$$k_+ = \frac{\omega_+}{c} = \frac{\omega + \Omega}{c}, k_- = \frac{\omega - \Omega}{c}. \quad (3)$$

Тому усереднена за об'ємом сфероїда напруженість електричного поля  $E_{cp}$  визначається рівнянням:

$$E_{cp} = E_{cp}^0 + E_{cp}^+ + E_{cp}^- = \frac{2\pi}{|V|} \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} (E_0^0 + E_0^+ + E_0^-) \Gamma_2 d\Gamma_2$$

(4)

Ці рішення можна отримати за допомогою наближення Борна [3]:

$$\begin{aligned} E_0^\pm &= \frac{mE_0}{2} I_0(k\Gamma_1) + \frac{m(\varepsilon - 1)k^2}{4} E_0 \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} I_0(k\Gamma_2) \mathcal{S}_0 \Gamma_2 d\Gamma_2 + \\ &+ \frac{m(\varepsilon - 1)RE_0}{8} \int_0^L I_0(k\bar{R}(v)) \sin \frac{2v}{R} \frac{\partial \mathcal{S}_0}{\partial Z_2} dv, \\ E_0^0 &= -\frac{iE_0}{2} I_0(k\Gamma_1) - \frac{i(\varepsilon - 1)k^2 E_0}{4} \int_0^{2h_1} dZ_2 \int_0^{a(Z_2)} I_0(k\Gamma_2) \mathcal{S}_0 \Gamma_2 d\Gamma_2 - \\ &- \frac{i(\varepsilon - 1)RE_0}{8} \int_0^L I_0(k\bar{R}(v)) \sin \frac{2v}{R} \frac{\partial \mathcal{S}_0}{\partial Z_2} dv. \end{aligned} \quad (5)$$

Для проведення розрахунків був обраний наступний діапазон частот збудливої хвилі  $25 \div 40$  ГГц. Вибір такого діапазону обумовлений двома обставинами. По-перше, відносна діелектрична проникність  $\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon''$  насіння в такому діапазоні практично не має частотної дисперсії і їх реальна частина  $\varepsilon'$  лежить в інтервалі  $3 \leq \varepsilon' \leq 4$ , а уявна частина  $-2 \cdot 10^{-3} \leq \varepsilon'' / \varepsilon' \leq 4 \cdot 10^{-3}$ .

По-друге, в цьому частотному діапазоні довжина хвилі порівнянна з характерними геометричними розмірами насіння і, отже, напруженість електричного поля, збуджуваного всередині насіння, резонансно залежить від частоти.

Таким чином було проведено аналіз математичної моделі взаємодії інформаційного електромагнітного поля з насінням сільськогосподарських рослин для визначення діапазону зміни біотропних параметрів генератора ЕМВ.

### Список використаних джерел

1. Чёрная М. А. Биофизический анализ воздействия информационного электромагнитного поля на биологические объекты / М. А. Чёрная, Н. Г. Косулина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2013. – Вип. 142. – С. 86 – 87.



2. Cherenkov A. Analysis of the electromagnetic field of multilayered biological objects for their irradiation in a waveguide system / M. Chorna V. Popriadukhin, I. Popova, N. Kosulina // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2017. – № 6/5 (90). – С. 58 – 65.

3. Чёрная М. А. Анализ проблем предпосевной обработки семян на основе электромагнитных технологий / М. А. Чёрная, Н. Г. Косулина // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України, 2013. – Вип. 141. – С. 93 – 95.

**Науковий керівник:** Чорна М. О., к.т.н., доц., доцент кафедри БМІТЕ Державного Біотехнологічного університету

## **РОЗРОБКА СКАЛЯРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ З IR - КОМПЕНСАЦІЮ**

**Нарожний В. О.,** *Email:* [VVS11101992@gmail.com](mailto:VVS11101992@gmail.com)  
*Державний біотехнологічний університет*

Державний розвиток, що не відповідає засадам енергоефективності не може бути результативним тому, необхідне збалансоване і мінімізоване споживання країною енергетичних ресурсів. Це викликано зменшенням запасів невідновлювальних ресурсів природи, можливими ризиками при їх доставці, а також не існуванням на даний час реальних альтернатив для їх заміни. Зниження запасів природи по нафті і газу, постійне підвищення цін на них, створює порушення надійності роботи промисловості, транспорту та інших галузей господарств світу. Водночас, стає більш значимою проблема погіршення екологічної ситуації, яка пов'язана зі збільшенням вмісту парникових газів у атмосфері землі [1].

Велика енергомісткість валового внутрішнього продукту України, яка практично в 3 рази більша за середній рівень енергоємності країн світу, є наслідком відчутного відставання галузей економіки нашої країни від стандартів світу. При цьому Україна у світовому вимірі має один з найбільших потенціалів енергозбереження. Розвиток сучасної ринкової економіки пред'являє до кожного промислового підприємства вимоги, що зв'язані з раціональним використанням енергетичних ресурсів, зменшенням екологічного навантаження на оточуюче середовище, наявністю спроможності досягнення рентабельності і встановлених цілей [1].

Переважає більшість промислових підприємств у своєму технологічному процесі застосовує різні види енергії: теплову, механічну, електричну і т. д. До розгляду візьмемо електричну енергію.

Основним її споживачем є електропривод (більше 60 %) і саме до нього направлена головна увага технічних фахівців світу, які працюють в напрямку

енергозбереження. Розглянемо детальніше об'єкт енергозбереження – електропривод. Всі електроприводи можна поділити на дві великі групи. Перша група електроприводів займається обслуговуванням машин, агрегатів, механізмів технологічних процесів з «тонким» керуванням технологічних координат, наприклад прокатні стани, металообробні верстати, роботи тощо [2].

До цієї групи належить не більше 10% від всіх електроприводів. Друга група застосовується в простих агрегатах: насосах, вентиляторах, транспортерах, конвеєрах тощо. Переважна більшість електроприводів цієї групи функціонує в умовах сільськогосподарського виробництва. Цій групі приділялося мало уваги через використання в подібних агрегатах найпростішого електропривода з не завжди вірно обраними двигунами, але саме вона має великий резерв енерго- і ресурсозбереження. Це пов'язано, переважно, з об'єктивно існуючим протиріччям: переважна більшість таких електроприводів (більше 95 %) нерегульовані, а технологічні процеси, що обслуговуються ними в більшості випадків, потребують регулювання певних технологічних координат: швидкості, тиску, витрати, температури тощо. Відсутність регульованого електропривода даних агрегатів є енергетично неефективним і призводить до великих втрат енергії, породжує недосконалість технологічного процесу – знижує його продуктивність і надійність, а також якість вихідної продукції. Характерним прикладом може бути широко використовуваний нерегульований асинхронний електропривод насосних станцій водопостачання [2].

Виходячи з цього, проведення досліджень в напрямку розробки регульованого (асинхронного, як найбільш широко розповсюдженого виду) електропривода, що буде відповідати енергоефективності є актуальним завданням.

Аналізуючи роботи в обраному напрямку можна встановити, що для регулювання швидкості асинхронного електродвигуна можуть застосовуватися наступні способи, а саме: зміна числа пар полюсів, введення додаткового опору до кола ротора, регулювання зміною ковзання. Всі вони мають переваги та недоліки, однак не забезпечують вагоме зменшення втрат електричної енергії та малий крок регулювання частоти (швидкості вала) і не формують високу жорсткість механічних характеристик двигуна. Спосіб, який не має вказаних недоліків називається частотним. Він поділяється на скалярне та векторне регулювання. Для електроприводів вентиляторних агрегатів джерела літератури вказують на доцільність застосування скалярного виду частотного регулювання.

Але при скалярному регулюванні швидкості, переходячи в діапазон частот (0 ÷ 10) Гц, відбувається зниження реактивного опору обмотки двигуна та спаду напруги на ній, а вплив активної частини опору збільшується. Це призводить до послаблення магнітного поля і, як наслідок, зменшення жорсткості механічної характеристики та перевантажувальної здатності двигуна [3].

Виходячи з цього, пошук заходів для зменшення прояву даного явища є питанням, яке потребує відповіді.

Метою роботи є розробка скалярної системи керування електроприводом вентиляційної установки виробничого приміщення з IR – компенсацією.

При регулюванні швидкості вентиляційної установки за допомогою цього закону, необхідно підвищувати фазну напругу на двигуні на величину, визначену рівнянням:

$$U_1 = E_1 + I_1 \cdot R_1 = E_1 + \Delta U \quad (1)$$

де  $U_1$  – напруга на індукторі, В;

$E_1$  – електрорушійна сила наведена в індукторі, В;

$I_1$  – величина струму індуктора, А;

$R_1$  – опір індуктора, Ом;

$\Delta U$  – додаткова напруга, В.

Виходячи з рівняння, напругу на індукторі необхідно підвищити на величину падіння на  $R_1$ . Виконуючи побудову системи керування електроприводом, виконали певні розрахунки та побудували електромеханічні характеристики статора і ротора, які виступають функціями від ковзання при різних значеннях частот  $I_1 = f(s)$ ,  $I_2 = f(s)$  та механічну характеристику, що представляє залежність швидкості обертання валу від моменту на ньому  $\omega = f(M)$ . Побудували імітаційну модель приводу. Для цього, знайшли передавальні функції блоків, що входять до неї. Після, зобразили її в комп'ютерному пакеті MatLab з використанням бібліотеки Simulink і отримали її вигляд на рис. 1.

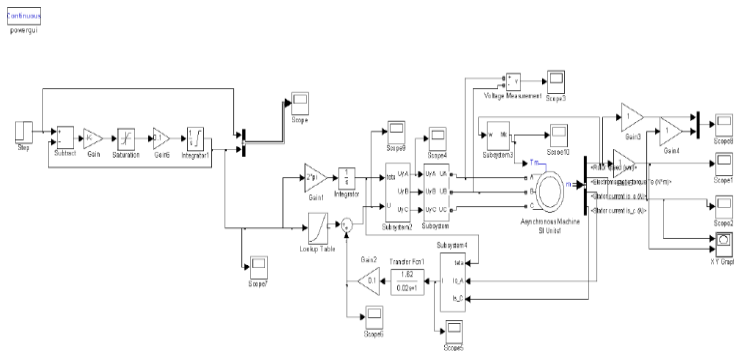


Рисунок 1 – Імітаційна модель замкнутої системи перетворювач частоти-асинхронний двигун з IR-компенсацією

В результаті моделювання її роботи отримали набір графічних залежностей, які наведені на рис. 2, 3, 4.

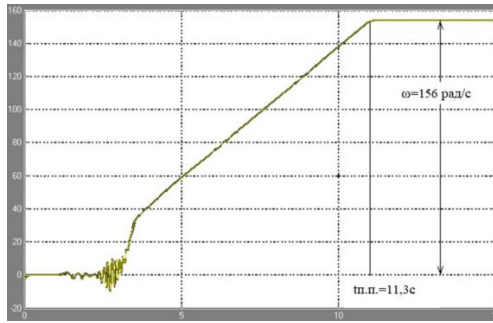


Рисунок 2 – Графік перехідних процесів  $\omega = f(T)$  при частоті 50 Гц і  $k_{кМ} = 0,25$

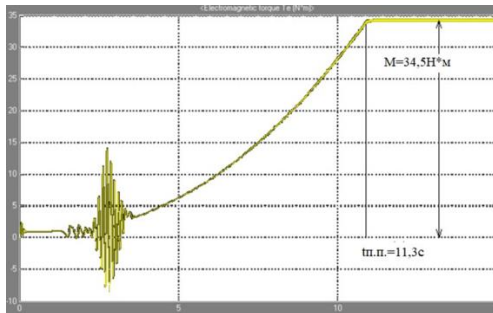


Рисунок 3 – Графік перехідних процесів  $\omega = f(M)$  при частоті 50 Гц і  $k_{кМ} = 0,25$

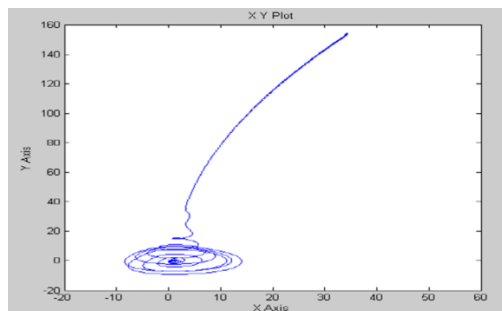


Рисунок 4 – Динамічні характеристики при частоті 50 Гц і  $k_{кМ} = 0,25$

Виходячи з отриманих графіків можна зробити висновок, що при збільшенні коефіцієнта позитивного зворотного зв'язку по струму  $k_{кМ}$  збільшується час перехідного процесу. Так само при збільшенні  $k_{кМ}$  збільшуються коливання моменту, що видно на графіках перехідних процесів  $M = f(t)$ .

#### Список використаних джерел

1. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління: монографія. Вінниця: ВНТУ; 2014. 346 с.
2. Частотне керування асинхронним приводом: методичні вказ. для самостійної роботи з дисципліни: «Основи електропривода» для студентів напряму підготовки 6.100101 – «Енергетика та електротехнічні системи в АПК»; авт.-уклад.: В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич. Ніжин: 2011. 98 с.

3. Стяжкін В. П., Теряєв В. І., Гаврилюк С. І. Застосування методів частотного керування для дугостаторних електроприводів антен суднових навігаційних РЛС. Вісник НТУ «ХП». 2017. № 27 (1249). С. 411-414.

**Науковий керівник:** Сухін В. В., ст. викладач кафедри БМІТЕ, Державного біотехнологічного університету

## **ОБґРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРОЦЕСУ ЗБЕРІГАННЯ ФРУКТООВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Козлов К. С.,** *Email: [ibovdyrsergej@gmail.com](mailto:ibovdyrsergej@gmail.com)*

*Державний біотехнологічний університет*

У зв'язку з інтенсивним розвитком садівництва в аграрному секторі України зростають вимоги до тривалості зберігання фруктоовочевої продукції. Фрукти, що містять такі необхідні для організму речовини як вітаміни, органічні кислоти, мікроелементи і т.п. Фрукти відносяться до продуктів, які повинні споживатися протягом всього року. У зв'язку з цим виникає проблема збереження плодів протягом 6-7 місяців. Існуючі способи зберігання: звичайна, регульована, модифікована атмосфери не забезпечують захист плодів яблуні від фізіологічних і грибкових хвороб, не гарантують збереження їх вихідної якості на стадіях зберігання та реалізації.

Критерієм зберігання плодів і овочів на практиці часто приймають терміни їх зберігання та розміри їх втрат, які залежать від видових і сортових ознак (природних особливостей), умов вирощування, ступеня зрілості, виду та ступеня пошкодження, режиму зберігання і перевезення та інших факторів. При цьому терміном зберігання слід вважати час, протягом якого плоди і овочі в нормальних умовах зберігають свої споживчі переваги, і мають мінімальні втрати, а не термін, який може обчислюватися до моменту їх псування.

Вихід стандартної продукції і втрати пов'язані обернено пропорційною залежністю. Чим вище втрати, тим менший вихід стандартної продукції. Обидва показники зберігання залежать від умов і термінів зберігання.

При зберіганні в плодоовочевій продукції відбуваються різні фізичні та фізіолого-біохімічні процеси, які істотно впливають на їх якість і збереженість. Ці процеси протікають в тісному взаємозв'язку і залежать від природних властивостей плодів і овочів, наявності пошкоджень, зрілості, якості товарної обробки, режиму зберігання та інших факторів. Значною мірою процес зберігання є продовженням процесів, що відбуваються в плодах і овочах під час їх росту. Але є і принципова відмінність між ними, під час росту поряд з розпадом органічних речовин в плодах і овочах здійснюється синтез цих речовин, а у плодах що зберігаються, відбувається головним чином, їх розпад і витрати з виділенням енергії, необхідної для життєдіяльності клітин [2].

Між плодами і навколишнім середовищем відбувається постійний дихальний газообмін, необхідний для життєдіяльності клітин, котрі використовуючи накопичені раніше запаси поживних речовин, поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ, водяні пари і летючі органічні речовини (етилен і ряд речовин, що утворюють в сукупності аромат плодів). Таким чином, в збережених плодах завжди утворюється своя внутрішня атмосфера, відмінна за складом від повітря. У період, що відповідає повному дозріванню соковитих плодів, спостерігається значне короткочасне посилення дихання тканин плода, після чого відбувається неухильне падіння поглинання  $O_2$ . Цей процес супроводжується посиленням утворення етилену, який має на обмін двоякий вплив. З однієї сторони збільшується проникність мембран і підсилюється гідроліз білків, у результаті чого зростає кількість доступних дихальних субстратів. З іншого боку, у період підйому дихання стимулюється синтез білків [3]. Для того, щоб уникнути більших втрат урожаю яблук при їхньому тривалому зберіганні, необхідно постійно контролювати вміст етилену в газовому середовищі з яблуками. Оскільки діелектрична проникність повітря  $\varepsilon'_g = 1,00059$ , то ми повинні при вимірі діелектричної проникності газового середовища забезпечити правильне значення п'ятого знаку після коми. Це відповідає точності порядку 3 - 10% для величини  $\varepsilon'$  або  $(1 \div 2) \%$  для величини  $(\varepsilon' - 1)$  [1].

Аналіз взаємодії інформаційного ЕМП на клітинному рівні показує, що електромагнітне інформаційне випромінювання слід сприймати як найтонший інструмент майже безмежного впливу на біологічні процеси в живому організмі. Однак, бажані зміни властивостей біологічних об'єктів можуть бути отримані тільки при оптимальній комбінації біотропних параметрів ЕМП, що впливає (частота випромінювання, щільність потоку потужності, експозиція й ін.) У той же час, проведений аналіз великої кількості робіт вітчизняних і закордонних досліджень показує, що в них відсутня методологія визначення чисельних значень біотропних параметрів ЕМП для інгібування синтезу етилену, недостатньо проведені дослідження зі створенням електронних систем виміру концентрації етилену, вуглекислого газу й кисню для тривалого зберігання плодів яблунь.

Сучасна технологія зберігання плодів в газовому середовищі виявляється не завжди ефективною і дорогою, що викликає необхідність в розробці нових, більш доступних і менш витратних технологій зберігання. Ефективна і доступна технологія зберігання плодів може бути здійснена за допомогою використання інформаційного електромагнітного поля для пригнічення синтезу етилену і застосування систем контролю за кількістю етилену, що виділяється фруктами при їх тривалому зберіганні. Для контролю за диханням плодів застосовують автоматизовану систему на основі резонаторного методу вимірювання діелектричної проникності газообміну плодоовочевої продукції з навколишнім середовищем. Для підвищення чутливості вимірювань у вимірювальній системі використовують вимір малих величин діелектричної

проникності ( $10^{-7}$ - $10^{-9}$ ) газового середовища збережених фруктоовочевих плодів.

Проведений аналіз теоретичних досліджень показав, що електромагнітне поле підвищує концентрацію струмопереносних іонів у мембрані, що призводить відповідно до підвищення їх взаємодії та можливого запиранні каналу. Таким чином, вільний рух іонів через мембрану клітини, який необхідний для процесу дихання, буде гальмуватися, а саме процес дихання та всі обмінні процеси стають уповільненими [4].

Таким чином, дослідження і розробка інформаційних електромагнітних методів та електронних систем контролю газового середовища для тривалого зберігання плодів є актуальною проблемою.

В основу апаратної реалізації покладена перебудована конструкція вимірювального резонатора, яка зумовлює використання перебудови за частотою генератора короткочасної нестабільності частоти в межах ( $10^{-8}$ - $10^{-9}$ ), що забезпечується застосуванням кварцових генераторів. Для підвищення точності і автоматизації процесу вимірювання прибігають до застосування частотного автоналаштування генератора до частоти вимірювально резонатора. Для підвищення чутливості вимірювань уявної складової розроблена систему вимірювання з використання спектральних методів аналізу характеристик НВЧ вимірювально резонатора. Контроль за кількістю етилену у фруктосховищах, буде сприяти ефективному захисту плодів від передчасного дозрівання, старіння, ураження фізіологічними і грибковими хворобами, забезпечуватиме продовження строків зберігання.

#### **Список використаних джерел**

1. Бородай І. І. Дослідження технічних параметрів системи для обробки яблук електромагнітним випромінюванням. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту сіл. госп-ва ім. П. Василенка: зб. наук. пр. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. Харків, 2017, 139 - 142 с.

2. Сизенко Е. І. Проблеми зберігання продукції АПК / Е. І. Сизенко // Харчова промисловість. – 2004. – № 6, 9 - 11 с.

3. Рубін А. Б. Термодинаміка біологічних процесів. М.: Вид. УМГУ, 1984. 283 с.

4. Бородай І. І. «Влияние внешнего электромагнитного поля на обменные процессы в плодах фруктов» / И. И. Бородай // Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ": зб. наук. пр. Сер.: Механіко-технологічні системи та комплекси. – Харків: НТУ "ХПІ" – 2017. – № 16 (1238). 131 - 136 с.

**Науковий керівник:** *Бородай І. І., к.т.н., викладач кафедри БМІТЕ, Державний біотехнологічний університет*

## **POULTRY FARMING, BODY STRUCTURE FEATURES AND QUALITY CONTROL OF POULTRY MEAT**

**Miroshnyk N. G.**, *Email: [nslobodan02@gmail.com](mailto:nslobodan02@gmail.com)*  
*State Biotechnological University*

The experience of many economically developed world countries states that farming is one of the main forms of management in agribusiness. However, the legal and socio-economic environment in Ukraine, as well as the mentality of rural residents, does not encourage the development of such a type of entrepreneurial activity in agriculture as farming. Farms do not play a big role in agricultural production in Ukraine and annually produce only 3-4% of products, moreover, there is a tendency to reduce the production of some its types.

Thus, according to the State Statistics Service (Ukrstat), the number of poultry only in households as of 01.08.21 decreased by 2.3% to 126.19 million heads, when compared with the same period in 2020 (129.13 million heads). The total number of poultry in Ukraine as of 01.01.21 amounted to 199.9 million heads, which is 9.3% less than on 01.01.20, Ukrstat reported. The agency clarifies that in agricultural enterprises, the number of poultry decreased by 14.7% over the year - to 109 million heads, while in households the decrease was 2% – to 90.8 million heads [1].

All types of product quality assessment at poultry processing enterprises are carried out in the department of production and veterinary control [2]. However, in a farm that, along with poultry farming, is also engaged in some types of processing, quality control of poultry meat is simply impossible for all indicators, and, moreover, it may not be carried out at the necessary scientific level. Nevertheless, the simplest and most reliable methods for determining the main indicators of the quality of poultry meat can and should be used by a farmer for an objective assessment of the quality of his products. At the same time, it is necessary to take into account the peculiarities of the structure of the bird's body, which are closely related to the quality of meat and offal.

The bird's body is distinguished by a number of features in the structure of the skeleton, musculature, internal organs, and skin. The skeleton of a bird includes the bones of the skull, spine, shoulder girdle, forelimbs, pelvic girdle and hind limbs. The bones of birds are thinner, harder and stronger than those of mammals. Tubular bones are thin-walled, without bone marrow and filled with air coming through the endings of the pulmonary bronchi. The cervical vertebrae in chickens are 13-14, in turkeys - 14, in geese - 17-18. The breast bone is lamellar, has a keel from below. The keel of chickens is narrow, oblong, in turkeys it is almost triangular with a thickening at the anterior end, in geese the keel is ellipsoid in the lower part and ends before reaching the posterior edge of the thorax [3].

Muscle tissue in birds is characterized by high density, fine-grained, contains less connective tissue than in mammals, therefore, it is richer in proteins. The pectoral muscles, compared to the muscles of the hind limbs, contain more protein, but less fat, moisture and extractives. The pectoral muscles (loin) of chickens and



turkeys are white, the rest of the muscles are dark. Chickens of meat and combined breeds are distinguished by more delicate musculature and looser connective tissue. They have the most developed pectoral muscles, as well as thigh and shin muscles. Fat is deposited in the body of birds under the skin, on internal organs, as well as in muscle fibers and between them, in connective tissue - between muscle bundles. Most of the fat is subcutaneous fat [3].

There is no "marbling" in the meat of birds. With an even distribution of fat between the muscle bundles, the meat has a delicate consistency, good taste and aroma. The total amount of fat in chicken meat can reach 16%, in goose meat - 45%.

The chemical composition of poultry meat is in many ways similar to the composition of meat of slaughtered animals. Poultry meat consists of water, proteins, fat, mineral and extractive substances, a small amount of carbohydrates (glycogen). The chemical composition of poultry meat is greatly influenced by its type, breed, age, fatness, feed ration and other factors. The meat of chickens and turkeys has approximately the same chemical composition, differing from the meat of ducks and geese with a slightly higher protein content and less fat. A distinctive feature of poultry meat is an increased protein content. Poultry meat contains the same proteins and nitrogenous non-protein extractives as meat of slaughtered animals, however, poultry meat contains more full-fledged and less hard-to-digest proteins (collagen and elastin), which determines its high nutritional value. The percentage of defective proteins to full-fledged ones in poultry meat is about 7%, and in beef - 15-20%. Different muscles of the same bird have different chemical composition. So, in white chicken meat there are slightly more nitrogenous substances (proteins, carotene, etc.) and less fat than in red meat. The normal pH of white meat is 6.12; the pH of red meat is 6.27 [2].

Bird fat belongs to the group of solid fats. Its digestibility by the human body is about 93%. The composition of poultry fat consists mainly of triglycerides of stearic, palmitic and oleic fatty acids. In addition to the listed fatty acids, linoleic, myristic and lauric acids are also included in the fat of chickens and geese. Volatile fatty acids contain no more than 0.1-0.2%. Due to the high content of oleic acid, the fat of birds has a low melting point: chicken fat — 23-40 ° C; geese - 27-34 ° C; ducks and turkeys - 31-32 ° C. Intermuscular fat has the lowest melting point. The melting point of poultry fat is affected by the feed. The coloring substance of bird fat is carotene and xanthophyll. The mineral substances of poultry meat include compounds K, Na, P, Ca, Mg, Fe, Cu, etc.

Biochemical changes in poultry meat have not been studied enough, there is no consensus on the meaning and timing of its maturation. However, most recent studies in this direction have shown that the maturation process has a positive effect on the quality of the product, improving its organoleptic characteristics. The organoleptic assessment includes an external examination of the condition of the beak, the mucous membrane of the oral cavity, the eyeball, the surface of the carcass and internal adipose tissue, the thoracic serous membrane. Next, the muscle fibers of the pectoral and hip muscles are cut and moisture is determined by applying filter paper to the surface of the muscle incision for 2 s. To determine the consistency, the

surface of the carcass is slightly pressed in the area of the pectoral and hip muscles, the carcass is examined and the surface alignment time is monitored. Determine the smell of fat and meat. Next, the transparency and aroma of the broth cooked from about 70 g of muscle are determined [2].

Taking into account the considered features of the body structure, as well as related indicators of the quality of poultry meat, it should be concluded that organoleptic indicators, pH and melting point of fat are available for determination in the farm. Biochemical and other indicators of meat quality, as well as mineral composition can be determined only in the laboratory using special devices and equipment, which may not always be economically acceptable for the farmer. Nevertheless, it is probably advisable for a farmer to perform a one-time analysis of a sample batch of his products.

#### **List of sources used**

1. Державна служба статистики України. Режим доступу URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 14.10.21).

2. Антипова Л. В. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 2000. – 378 с.

3. Вракин В. Ф., Сидорова М. В. Анатомия и гистология домашней птицы: учебное пособие. – М.: Колос, 1991. – 528с.

**Scientific supervisor:** *Shigimaga V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the BIaTE Department, State Biotechnological University.*

## **ВИРШЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЗАДАЧІ З ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТВАРИН НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Федоров В. М., [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)**

*Державний біотехнологічний університет*

Основними інфекційними хворобами новонароджених телят є: паратиф (сальмонельоз); колибацілеза (білий пронос) на які припадає 65 ... 80% загибелі телят.

Проведений аналіз інфекційних хвороб новонароджених телят показує, що їх хвороби в перші дні життя залежать від кількості імуноглобулінів, які потрапляють в організм телят через молозиво корів.

Імунна система являє собою комплекс спеціалізованих лімфоїдних органів, а також дисемінованих клітин мезенхімального походження, здатних виконувати імунологічні функції. У схематизованій системі і взаємозв'язку складових її органів імунна система.

Підвищення імуноглобулінів в молозиві тварин може бути отримано тільки при оптимальному поєднанні біотропних параметрів імпульсного ЕМП. Для виконання вимог, що пред'являються до імпульсних генераторів для опромінення молочної залози великої рогатої худоби, була розроблена функціональна схема генератора. В основі функціональної схеми генератора

високовольтних імпульсів покладено метод накопичення електричної енергії у вигляді енергії магнітного поля деякої індуктивності (магнітний накопичувач).

Роботою магнітного накопичувача управляє силовий струмовий ключ, який в свою чергу управляється формувачем синхронізуючих імпульсів і пристроєм стабілізації амплітуди імпульсів. Наявність формувача обумовлено необхідністю отримання сигналу необхідної форми і потужності з малопотужного імпульсу синхронізації. Для стабілізації амплітуди вихідного імпульсу застосована стежить система.

Якість і точність виконання функцій імпульсним генератором залежать від неспотвореної передачі форми імпульсів напруги трансформатором, на виході якого виникають паразитні коливальні процеси, які залежать від конструкції трансформатора. Ці процеси обумовлюються, в основному, паразитної ємністю і індуктивністю розсіювання обмоток трансформатора, і величиною ємності плоскопаралельної системи для опромінення молочної залози тварин.

З еквівалентної схеми випливає, що вона містить три незалежні реактивні накопичувача енергії:  $L_s$ ;  $L_m$ ;  $C_p$ . Отже, вона описується диференціальним рівнянням третього порядку. Якщо, до початку впливу вхідного імпульсу напруги ( $t = 0$ ) трансформаторна ланцюг зазвичай вільна від початкових запасів енергії, тобто  $i(0) = 0$  і  $U_{вх}(0) = 0$ , то при цих початкових умовах перехідні процеси в колі будуть описуватися рівнянням в операторній формі.

Залежно від знаку  $m$  і дискримінанту  $D$ , перехідний процес буде носити аперіодичної, критичний або коливальний характер. У першому випадку необхідно, щоб  $m < 0$  і  $D < 0$  У другому випадку необхідно, щоб  $m < 0$  і  $D = 0$ .

Таким чином, для критичного режиму були отримані коріння рівняння. Використовуючи зворотне перетворення Лапласа були отримані основні формули для визначення параметрів імпульсу на виході трансформатора і величини ємності плоскопаралельної системи.

В результаті розрахунків було встановлено, що площа пластини плоскопаралельної системи становить 0,0225 м для параметрів:  $C = 11,6 \cdot 10^{-10}$  Ф;  $\epsilon = 55$ ;  $d = 0,4$  м - відстань між пластинами. Розрахунки також показали, що тривалість переднього фронту становила 11,2 нс, а спад вершини не перевищує  $0,006U$ . В результаті теоретичних і експериментальних досліджень, для підвищення імуноглобулінів в молозиві і молоці новотельних корів був розроблений імпульсний джерело.

До складу джерела імпульсів входять: генератор синхронізуючих імпульсів, генератор часу реєстрації, електронні ключі, формувач імпульсів синхронізації, формувач тривалості пачки імпульсів і паузи, пристрій імпульсної стабілізації струму, підсилювач потужності, струмовий ключ. Генератор синхронізуючих імпульсів 100 кГц стабілізовано кварцом по частоті, виконаний на мікросхемах К155ЛА3 і поміщений в термостат.

Конструктивно генератор синхронізації виконаний на друкованій платі і розташовується в термостаті. З метою вирівнювання теплового градієнта кварцовий резонатор розташовується по осі термостата. Точність підтримки температури термостатом становить  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ . Як показали експериментальні дослідження, коефіцієнт нестабільності частоти генератора становить  $10^{-7}$  за с.

Генератор часу реєстрації складається з генератора, що працює на частоті 3276 Гц, який стабілізований кварцом; подільника частоти на 327 680 і *RS*-тригера.

Кварцовий генератор і дільник на 32768 виконаний на мікросхемі K176HE5, а на мікросхемі K561HE8 виконаний дільник на 10. Сигнал з виходу мікросхеми K561HE8 S-вхід *RS*-тригера K561TB1. *RS*-тригер перемикається і вимикає через 10 з ключ 3.

Пристрій для формування імпульсів синхронізації, виконаний на мікросхемі K1006B11, формує імпульс тривалістю 0,1 мкс, який через ключі 4, 5 подається на пристрій імпульсної стабілізації струму 9. Розроблений генератор забезпечував наступні параметри: амплітуда напруги імпульсів  $U = 1 \dots 2$  кВ; тривалість імпульсів = 10 с; шпаруватість імпульсів  $Q = 110$ ; нахил вершини імпульсу  $0,005U$ ; похибка періоду повторення імпульсів  $10^{-4}T_1$ ; похибка тривалості імпульсів  $\pm 0,01t$ ; тривалість фронту імпульсу 10 нс; тривалість зрізу імпульсу 20 нс; період повторення імпульсів  $1,1 \cdot 10^{-5}$  с. Плоскопаралельна система для опромінення молочної залози корів складається з пластин радіусом 85 мм. Пластини виготовлені з фольгованого гетинаксу товщиною 2 мм, фольгована поверхня яких покрита діелектриком товщиною 0,2 мм. Розсувна система дозволяє регулювати відстань між пластинами в межах від 10 см до 50 см. В результаті експерименту було встановлено, що для підвищення імуноглобулінів існують оптимальні біотропні параметри імпульсного випромінювання: амплітуда імпульсів  $U_m = 1$  кВ; тривалість імпульсів = 10 с; період проходження імпульсів  $T = 10$  с; експозиція 30 с.

Для експерименту були використані в досвіді і контролі 4 групи по 2 корови в кожній, які перебувають на останніх днях вагітності. Обробку корів імпульсним випромінюванням проводили о 8 годині ранку протягом 4 днів до отелення і 10 днів після отелення. У контрольній групі корови імпульсного опромінення не наражалися. Як впливає з результатів досліджень рівень імуноглобулінів класу *LgG* і *LgM* в секреті молочної залози досвідчених корів перевищує рівень в контрольних в 1,4 рази для *LgG* і в 17 рази для *LgM* на високому статистично достовірному рівні. У корів, оброблених імпульсним випромінюванням, вміст імуноглобулінів класу *G* в першу годину після обробки має достовірне розходження в порівнянні з контрольною групою на 75%, а різницю по класу *M* на 61,7%. Також було встановлено, що через 12 годин, після обробки імпульсним випромінюванням молочної залози корів, різниця кількості імуноглобулінів між дослідної і контрольної групою в сироватці молозива по класу *G* і *M* склала 70%.

### **Список використаних джерел**

1. Cocnen M. Nutritive bedingte problems in kalberbestanden / M. Cocnen, A. Ullerich // Ubeisicht. Tieremahr. – 1996. – 24, №1. – P. 2433.
2. Elze K. Der. Kalberdurchfall / K. Elze // Milchpraxis. – 1999. – № 4. – P. 178 – 182.
3. Электромагнитная технология повышения сохранности новорожденных телят КРС: Тезисы за материалами научно-практической студенческой конференции [«Проблемы энергообеспечения»] (Белгород, 26 – 27 мая 2014 г). – Белгород, БелГСХА, 2014. – Т.2. – 19 с.

**Науковий керівник:** Чорна М. О., к.т.н., доцент кафедри БМІТЕ,  
*Державний біотехнологічний університет*

## **ВИРІШЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ЗАДАЧІ НА ОСНОВІ РОЗРОБКИ ЕЛЕКТРОФІЗИЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАХИСТУ САДІВ ВІД КОМАХ ШКІДНИКІВ В АПК**

**Стукаленко О. О., [astukalenko7@gmail.com](mailto:astukalenko7@gmail.com)**

*Державний біотехнологічний університет*

Из анализа многочисленных методов борьбы с насекомыми – вредителями урожая в садах, агротехнических, биологических, химических и электрофизических в настоящее время отдается предпочтение химическому. Современные химические средства позволяют успешно защитить плодовые культуры от комплекса вредных насекомых. Повреждаемость плодов при их применении составляет 0.2...0,3%. Стоимость сохранной при этом продукции может составлять до 40 000 грн. с 1 га.

Однако химический метод при широком его применении имеет и ряд недостатков: вызывает обеднение биоценоза в результате массового уничтожения почти всего комплекса паразитирующих и хищных насекомых, загрязнение биосферы.

Научные исследования последних лет показывают, что альтернативой химическому методу может быть электрофизический. Электрофизический метод основан на применении электрооптических преобразователей. В качестве поражающих узлов используются высоковольтное напряжение или аэродинамические устройства (вентиляторы). Для защиты неэлектрифицированных садов применяют мобильных агрегаты.

Рассмотренные мобильные установки для электрофизической защиты растений является довольно громоздкими, излишне сложными, ненадежными и неэффективными в полевых условиях. Это связано с тем, что недостаточно обосновано выбор источника излучения-аттрактанта для насекомых вредителей. Не приведены сведения о величине зоны угнетения насекомых, создаваемой вокруг излучателей, а также насколько эта зона перекрывается уничтожающими высоковольтными и всасывающими устройствами. Не рассмотрены меры для стабилизации рабочего режима источников излучения.

Применение автономных стационарных ловушек также ограничено из-за отсутствия надежных источников электропитания.

Повышение эффективности мобильных агрегатов для уничтожения насекомых-вредителей может быть осуществлено с применением в поражающем устройстве импульсного электрического поля. В качестве одного из основных механизмов угнетающего действия ЭМИ на насекомых-вредителей используется концепция ведущей роли биологических мембран в реакциях биологических систем на электромагнитном поле. Применение в поражающем устройстве импульсного электромагнитного поля для воздействия на мембраны насекомых возможно только при определенном сочетании параметров импульса: периода, длительности и амплитуды.

В тоже время отсутствие теоретических методов анализа взаимодействию импульсных ЭМП с насекомыми затрудняет создание эффективных мобильных электрофизических установок для уничтожения насекомых-вредителей урожая плодовых культур. Расчетные соотношения показывают, что насекомые-вредители в садах могут привлекаться оптическими - аттрактантами на расстоянии до 100 м.

Проведенные исследования с оптическими источниками для привлечения насекомых вызвали необходимость определения основных параметров коллектора-отражателя.

Коллектор-отражатель был выполнен в виде усеченного конуса внутри которого размещались лампы ЛЭ-15, формирующие определенное поле оптического диапазона

На основе проведенных исследований, с учетом средней скорости полета насекомых, было установлено, что для уничтожения ночных насекомых-вредителей в садах, скорость мобильного агрегата с электрофизической установкой должна составлять 2,3 км/ч, при этом обеспечивается ширина захвата 22,8 м.

Цель и задачи экспериментальных исследований приведены на плакате 8.

В ходе эксперимента с оптическими источниками-аттрактантами были проведены исследования по стабилизации их рабочих параметров.

В передвижных агрегатах (трактор типа «Беларусь») для питания ламп-аттрактантов применяются генераторы типа ГС-250-12/4, у которых скорость вращения зависит от скорости вращения вала отбора мощности трактора, которая по ряду причин колеблется в широких пределах, что приводит к пропорциональному изменению частоты вращения вала синхронного генератора, т.е. частоты напряжения на его зажимах.

Следовательно, подключенные к такому источнику питания, оптические аттрактанты работают в условиях непрерывно меняющихся частот и напряжения.

Проведенные исследования показали, что уменьшение скорости вращения генератора на 10% приводит к уменьшению напряжения на его зажимах больше, чем на 20%. В результате, ток лампы уменьшается на 34%, а ее мощность – на 31,5%.

Поскольку это приводит к резкому изменению потока и спектрального распределения излучений ламп, разработка устройства для стабилизации указанных величин является крайне необходимой.

Исходя из вышеизложенных соображений, разработано полупроводниковое устройство для автоматической стабилизации рабочих параметров источников излучений, работающих в условиях изменяющейся частоты питания и напряжения питания.

Из полученных результатов следует, что уменьшение скорости вращения асинхронного генератора на 10% приводит к уменьшению напряжения на зажимах генератора на 0,64% по сравнению с теоретическим его значением  $U_{rr}$ . При этом, ток лампы и ее мощность уменьшается соответственно на 9,7% и 7,7%.

В результате теоретических и экспериментальных исследований была разработана комплексная электрофизическая установка с импульсным и аэродинамическим узлами для уничтожения ночных летающих вредителей-насекомых в садах.

Электрооптический узел установки выполнен на базе эритемных ламп типа ЛЭ-15 (6 шт.) с питанием от генератора (ГС-250-12/4). Для уничтожения насекомых был применен импульсный источник с параметрами: напряжение питания импульсного источника 12...15 В, расстояние между электродами 100 мм, толщина электродов 1 мм; ширина электродов 20 мм; напряжение на электродах 4 кВ в импульсе; период следования импульсов  $T=10^{-4}$  с; длительность импульсов  $\tau_u = 0,5 \cdot 10^{-4}$  с. Электроды закреплены на стальных шинах, соединенных в раму овальной формы. Шины изолированы одна от другой и скреплены между собой так, что электроды одной из них размещены в одной плоскости с электродами другой.

Экспериментальная проверка разработанной установки осуществлялась на основе существенной разницы количества привлеченных и пойманных насекомых вредителей с разными поражающими устройствами аэродинамическим и электрофизическим, с работой ламп-аттрактантов на переменном и постоянном токе. Опыты проводились в высокостебельном десятилетнем однородном массиве с яблоневыми насаждениями 6,8 га.

В результате эксперимента были установлены преимущества электрофизического узла для угнетения насекомых перед аэродинамическим для источников-аттрактантов, работающих на переменном и постоянном токе.

#### **Список використаних джерел**

1. Croft B. A. Tree fruit pest management. Introduction to insect pest management. Edit, Metcalf R. L., Luckman W. H., New York, 1975. P. 471 – 505.
2. Geier P. W. Management of insect pests. Annual Review of Entomology, vol. 11, 1966. P. 471 – 490.

**Науковий керівник:** Чорна М. О., к.т.н., доцент кафедри БМІТЕ,  
*Державний біотехнологічний університет*

## **ВИРІШЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ НАУКОВОЇ ЗАДАЧІ З ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТЕПЛИЧНИХ ОВОЧІВ НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ РОСЛИНИЦТВА**

Сергеева І. С., [hr\\_dg01@poe.pl.ua](mailto:hr_dg01@poe.pl.ua)

Державний біотехнологічний університет

Перспективним напрямком досліджень є застосування технологій комбінованої обробки поливальної води в магнітному полі та полем коронного розряду.

За допомогою електромагнітної обробки живильного розчину можна підтримувати значення основних показників якості води, а регулювати та управляти цим процесом за допомогою потенціометричного методу на основі показників рН-метра. Це дозволить скоротити витрати хімічних реагентів, які додаються до розчину для створення необхідної кількості бікарбонатів на приготування поживного розчину.

Оптимальні значення рН і ОВП води для культур, що вирощуються у гідропоніці, відрізняються від тих, що вирощують у «звичайних умовах». Існує також різниця між оптимальною величиною цих показників у свіжоприготованому живильному розчині та в субстраті. Лабораторна установка для магнітної обробки води та живильного розчину повинна передбачати можливість зміни магнітної індукції, швидкості руху розчину і числа перемагнічувань. Межі зміни вказаних параметрів встановлювалися на основі вивчення літературних джерел, присвячених магнітній обробці води, розчинів солей і добрив. Проведений аналіз літературних джерел, присвячених магнітній обробці води та водних розчинів солей і кислот, показав, що обробка змінює жорсткість води без використання кислот, а ефект магнітної обробки залежить від характеристик магнітного поля, числа перемагнічувань та швидкості руху розчину. Значення магнітної індукції для апаратів, що застосовувались лежить в межах 0,04...0,2 Тл при швидкості руху потоку 0,5...2,5 м/с та числі перемагнічувань від 3 до 8. Швидкість руху води і розчину мінеральних добрив в теплицях коливається в межах 0,5...1 м/с. На основі цих даних створено лабораторну установку для обробки води та водних систем в магнітному полі. Вона складається із бака з водним розчином, трубопроводу та власне апарата для магнітної обробки розчину. Апарат складається із п'яти індукторів, на магнітопроводі яких знаходиться намагнічуюча котушка. В повітряному зазорі між полюсними наконечниками розміщена пластикова труба. Індуктор створює магнітне поле, яке перетинає своїми силовими лініями потік води чи розчину. Для отримання оптимальних режимів роботи установок для обробки поливної води та живильних розчинів в полі коронного розряду напруга повинна знаходитися в межах 20...50 кВ при струмі не більше 10 мА. Проведені експериментальні дослідження зміни рН та ОВП води, розчинів солей і мінеральних добрив довели правильність отриманих



теоретичних залежностей і дали можливість визначити коефіцієнти методом найменших квадратів.

При дослідженні зміни ефекту магнітної обробки в часі вимірювали рН води, обробленої в магнітному полі протягом трьох годин. Отриману залежність апроксимували експоненціальною функцією, а коефіцієнти визначали методом найменших квадратів. Проведені дослідження дають можливість визначити конструктивні параметри апаратів та оптимальні параметри обробки води і розчинів мінеральних добрив у теплицях.

Експериментальні дослідження зміни параметрів води та розчинів мінеральних добрив при їх обробці в полі коронного розряду проводили на розробленій лабораторній установці.

Таким чином на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що магнітна обробка поливної води позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. При цьому спостерігається більш раннє цвітіння і плодоношення, збільшується біомаса рослин, підвищується їх урожайність. Таким чином, на основі проведених досліджень можна зробити висновок, що обробка поливної води полем коронного розряду позитивно впливає на ріст і розвиток рослин. При цьому спостерігається більш раннє цвітіння і плодоношення, збільшується біомаса рослин, підвищується урожайність овочевих культур. Найкращі результати отримані при обробці полем коронного розряду магнітоактивованої води. Результати польового досліду також підтвердили правильність встановленого режиму обробки поливної води: напруга  $15,5 \cdot 10^3$  В, відстань між коронуючим електродом і площиною  $3 \cdot 10^{-2}$  м, між електродами –  $5 \cdot 10^{-2}$  м, час обробки – 1 хв. Проведені дослідження зміни параметрів води і розчинів мінеральних добрив при магнітній обробці показали, що магнітна індукція повинна змінюватися в межах 0,04...0,2 Тл трикратному перемагнічуванні і з швидкістю руху розчину 0,5...1,0 м/с.

Він складається з трьох індукторів, на магнітопроводі 1 яких знаходиться намагнічуюча котушка 2. В повітряному зазорі між полюсними наконечниками розміщена пластмасова труба 3, діаметр якої відповідає діаметру труби «Аквадром». Для зменшення потоків розсіювання використовуються концентратори магнітного поля. Індуктор створює магнітне поле, яке перетинає своїми силовими лініями потік води чи розчину. Силові лінії магнітного поля направлені перпендикулярно потоку розчину. Величина магнітної індукції регулюється шляхом зміни підведеної до котушки індуктора напруги постійного струму в межах 0...36 В. При цьому магнітна індукція змінюється від 0 до 0,2 Тл. Котушки індукторів вмикаються зустрічно, забезпечуючи трикратне перемагнічування розчину. Застосування апаратів з електромагнітами порівняно з постійними магнітами дає можливість отримати більші значення магнітної індукції та проводити її регулювання, завдяки чому змінюються режими обробки розчину, які визначаються концентрацією і композицією іонів в розчині.

За розробленою методикою був проведений розрахунок конструктивних параметрів установки для обробки води та живильних розчинів полем коронного розряду.

Установка складається із лотка, який розміщений на площинному електроді; системи коронуючих електродів типу «ряд провідників». В лоток через вхідний патрубок зі швидкістю 1 м/с подається водний розчин, який, проходячи по лабіринтовому каналу лотка (для збільшення часу обробки), проходить обробку в полі коронного розряду. Оброблений водний розчин через вихідний патрубок з продуктивністю  $Q$  подається в систему поливу теплиці. Продуктивність установки  $Q$  залежить від швидкості подачі розчину в лоток та швидкості руху в ньому, яка залежить від кута нахилу лотка  $\alpha$ . Конструкція установки дає змогу регулювати товщину шару розчину в лотку, відстань к між коронуючими електродами та поверхнею розчину, що обробляється. Краплинне зрошування є основним способом поливу при вирощуванні рослин методом малооб'ємної гідропоніки, яка передбачає створення оптимальних водно-повітряних, живильних і температурних параметрів в кореневій зоні рослин. Об'єм субстрату для життєдіяльності кореневої системи обмежений і є хімічно нейтральним середовищем, тому подача води, живильних елементів і тепла для підтримки заданих умов повинні здійснюватися своєчасно і в необхідних кількостях.

Вибір добрив великий, а вимоги в різних тепличних господарствах серйозно відрізняються, що і призводять до того, що публікацій в спеціалізованих виданнях іноді виявляється і недостатньо для складання оптимального живильного розчину. За базовий варіант для порівняльного аналізу приймалася існуюча технологія вирощування овочів у весняних теплицях. Паралельно вирощували овочі з використанням технології обробки води і живильних розчинів в магнітному полі та полем коронного розряду. Результати хіміко-бактеріологічного аналізу поливної води підтверджують високу бактерицидну ефективність цього способу та покращення хімічних показників якості води.

#### **Список використаних джерел.**

1. Виробництво гідропонного зеленого корму / В. Костюченко [та ін.] // Пропозиція, 1999. – № 11. – С. 66 – 67.
2. Кандиба В. Гідротехнологія у вирішенні проблеми кормів / В. Кандиба та ін. // Пропозиція. – 2013. – № 5. – С. 42 – 43.

**Науковий керівник:** Косуліна Н. Г., д.т.н., професор кафедри БМІТЕ,  
*Державний біотехнологічний університет*

# ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ ШКІДНИКІВ КОРЕНЕВОЇ СИСТЕМИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ РОСЛИННИЦТВА

Мерденов Ю. Ю., [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)

*Державний біотехнологічний університет*

Наукові та практичні дослідження останніх років показують, що альтернативою хімічному методу захисту рослин може бути метод на основі екологічно безпечної і ефективної імпульсної електромагнітної технології. Пригнічення шкідників в ґрунті імпульсним ЕМП пов'язано не тільки з процесом високої швидкості наростання температури в об'єкті, але і з інформаційною дією ЕМП на мембрани клітин комах.

Практичні результати показують, що при певних параметрах імпульсного ЕМП (частоти проходження імпульсів, шпаруватість, потужність, частота заповнення імпульсів, експозиція) може відбуватися руйнування клітинних мембран і загибель личинок комах в ґрунті. Таким чином, дослідження і розробка методу імпульсної електромагнітної біотехнології та електронних систем для знищення личинок комах-шкідників кореневої системи саджанців плодово-ягідних культур є, безсумнівно, актуальним завданням.

Застосування імпульсного електромагнітного поля (ЕМП) для знищення біологічних шкідників (дротяників, личинок хруща і ін.), що знаходяться в ґрунті, супроводжується нагріванням тканин організму шкідників або руйнуванням мембран біологічних клітин. В якості моделі ґрунту розглядається середовище з відносною ДП. Також вважаємо, що на плоскому розкритті антени задається струм  $\vec{j}(t)$ . Збуджене джерелом електромагнітне поле має задовольняти систему нестационарних рівнянь Максвелла. Для області  $D$ , що знаходиться в ґрунті, містить біологічні шкідники. Тоді електромагнітне поле в цій області має задовольнятися рівнянням Максвелла. Величини  $\varepsilon_1$  і  $\sigma_1$  виражаються через діелектричну проникність  $\varepsilon$  і проникність  $\sigma$  ґрунту, діелектричну проникність  $\tilde{\varepsilon}$  і провідність  $\tilde{\sigma}$  біологічного шкідника. На кордоні поділу середовищ ЕМП має задовольняти умові сполучення і початковим умовам.

Рішення даної задачі проводилося в два етапи. На першому етапі вирішується задача про проходження електромагнітного поля, що збуджується щільністю струму в ґрунт. Далі, вирішується задача про взаємодію проникнення в ґрунт поля з областю  $D$ , в якій знаходяться біологічні шкідники. В результаті вирішення задачі першого етапу було отримано вираз для напруженості електричного поля в ґрунті на кордоні області з біологічними шкідниками. Як слідує з аналізу результатів оптимальне значення шпаруватості  $Q=T/\tau$  електромагнітного імпульсу відповідає значенню  $Q = 200$ ,  $\tau = 100$  нс. При цьому значенні шпаруватості реалізується максимум середнього значення напруженості електричного поля в області, що містить біологічних шкідників. Нормоване значення

напруженості електричного поля, в залежності від виду ґрунту, лежить в межах 0,5 ... 0,7. Для біологічних шкідників (личинка хруща різного віку) різних геометричних розмірів оптимальне значення частоти заповнення радіоімпульсу становить  $f = 10$  ГГц. При цій величині частоти середнє значення напруженості електричного поля приймає максимальне значення в області знаходження біологічного шкідника. З результатів слідує, що потужність на виході восьмидіодної секції становить 285 Вт, а на виході 32-х діодного генератора 1540 Вт.

#### **Список використаних джерел**

1. Корневой рак. [http://www.sadurad.ru/bolezny\\_koren\\_rak.htm](http://www.sadurad.ru/bolezny_koren_rak.htm).

3. Справочник болезней и вредителей плодовых, ягодных и овощных культур. [http://www.sadurad.ru/bolezny\\_spravochnik\\_alfavit.htm](http://www.sadurad.ru/bolezny_spravochnik_alfavit.htm).

**Науковий керівник:** Косуліна Н. Г., д.т.н., професор кафедри БМІТЕ,  
*Державний біотехнологічний університет*

## **ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ТА ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ПІДСУШУВАННЯ ВОВНИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ АПК**

**Кравцов В. А.**, [krava.21@ukr.net](mailto:krava.21@ukr.net)

*Державний біотехнологічний університет*

На підставі аналізу вітчизняних і зарубіжних наукових публікацій можна зробити висновок, що існуючим способам і пристроїв сушіння вовни притаманні суттєві недоліки:

В результаті аналізу, розрахунку та вимірювання електрофізичних параметрів вологою вовни були отримані наступні результати:

1. Подання суміші шерсть-вода у вигляді трьох компонентів: шерсть, зв'язана вода, рухлива вода, дозволило теоретично визначити величину  $\epsilon'$  і  $\epsilon''$  в межах зміни вологості від 10% до 40% при температурі 25<sup>0</sup>С. Розрахункові значення відрізняються від експериментальних на 10 – 11%. 2. На основі бісферіческого резонатора отримані розрахункові співвідношення для діелектричних параметрів системи шерсть-вода і розроблена автоматизована система, що забезпечує точність вимірювань 1% для  $\epsilon'$  і 5% для  $\epsilon''$ . 3. Експериментально показано, що при зміні температури від 25 до 95<sup>0</sup>С величина  $\epsilon'$ . 4. Встановлено, що для вовни з вологістю 30% величина  $\epsilon''$  лежить в межах від 1,5 до 0,6 одиниць в інтервалі температур від 25% до 95<sup>0</sup>С.

У роботі зроблені теоретичні дослідження процесу сушіння вологої вовни під вплив НВЧ нагріву. Отримано вираз, який характеризує залежність температури висушується вовни від часу  $t$  і координати обсягу  $Z$ . Залежності показують результативність самого методу сушки, а також дозволяють вибрати найбільш ефективні її режими. Крім того, отримані результати дають можливість вибрати оптимальний спосіб завантаження сушильної камери, а також її розміри. Розрахункові дозволяють вибрати оптимальні розміри

кубічних і прямокутних резонаторів. Наведено зовнішній вигляд НВЧ камери сушки, джерела НВЧ, блок управління.

Був проведений розрахунок спіральної антени для робочої камери. У таблиці на слайді 10 вказані основні параметри антени.

З аналізу отриманих залежностей випливає, що процес інтенсивності сушіння залежить як від величини вмісту вологи, так і від величини об'ємної щільності НВЧ енергії. Для скорочення часу сушіння і витрати електроенергії необхідно прагнути до того, щоб за допомогою механічних способів віджиму довести вологість вовни до 30 ... 40%. Досвід показав, що чим більше вологість, тим менше потрібно часу розігріву рухомий води. В системі шерсть-вода, при вологості 40%, температура піднімається до 100 ° С всього за 9 с при об'ємної щільності НВЧ енергії 0,01 Вт / см<sup>2</sup>.

Застосування циклічної дозволяє при тих же витратах часу на сушку, що і при безперервному режимі зменшити витрати енергії в три рази. Залежно розривної навантаження і відносної міцності вовни при її опроміненні НВЧ енергією від величини об'ємної щільності наведені на останньому слайді. Аналіз отриманих залежностей показує, що при обробці вовни НВЧ енергією її відносна міцність збільшується на 4 ... 5 сН / Текс, а розривна навантаження на 400 ... 500 сН.

#### **Список використаних джерел.**

1. Научно-производственная конференция «Проблемы научно-технического развития заготовки и первичной обработки шерсти». – Невинномыск: НИИЗПОШ, 1995. – 54 с.

2. Кузьмичев В. Е. Законы и формулы физики / Отв. ред. В. К. Тарановский. – Киев.: Наукова думка, 1989. – 864 с.

3. Wool Articles.<https://www.thesheepsite.com/articles/cat148/wool/>

**Науковий керівник:** Косуліна Н. Г., д.т.н., професор кафедри БМІТЕ,  
*Державний біотехнологічний університет*

## **ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ СТАНУ ОБ'ЄКТІВ, ЯКІ ЗНАХОДИВСЯ ПІД ДІЄЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ПОЛЯ**

**Киричок В. О., [tte\\_nniekt@ukr.net](mailto:tte_nniekt@ukr.net)**

*Державний біотехнологічний університет*

Шановні члени комісії, шанований голова дозволите представити роботу, мета якої розробка технічних засобів для автоматизованого виміру змін хемілюмінесценції сільськогосподарських об'єктів при дії на них ЕМП і інших фізичних чинників в технологічних процесах сільськогосподарського виробництва.

Біологічні дослідження, що проводяться на різних рівнях організації матерії, показали, що організми найрізноманітніших видів чутливі до

постійних електричних і магнітних полів, а також до змінного електромагнітного поля.

Аналіз узагальненої системи показує, що вивчення її пов'язане з описом процесів взаємодії між основними елементами системи і, в першу чергу, між біологічним об'єктом, внутрішнім середовищем, системою виміру і обладнанням перетворення інформації, а також процесів, що протікають усередині цих елементів.

З численних методів виміру заслуговують на увагу люмінесцентні методи, що дозволяють спостерігати за зміною станів як окремих біомолекул, так і субклітинних і клітинних структур. Навіть при найкоректнішому вимірі люмінесцентного параметра, його непрямий зв'язок з властивостями макромолекулярної освіти зберігається.

Застосування НВЧ випромінювання міліметрового діапазону з кожним роком знаходить все більше застосування в рослинництві.

Тому розробка методики технічних пристроїв, що дозволяють контролювати стан біологічних об'єктів у момент опромінення і після нього, є головним чинником при розробці сучасних технологій по вирощуванню сільськогосподарських культур.

З цією метою було розроблено і виготовлено технічний пристрій, за допомогою якого можна вимірювати як спонтанну, так і індуковану різними фізичними чинниками (світло, ЕМП, лазер) біохемілюмінесценцію.

Розроблена система пов'язана з комп'ютером, що дає можливість відразу здійснювати обробку отриманої інформації.

Однією з основних вимог, що пред'являються до системи контролю зміни біохемілюмінесценції являється правильний вибір фотоелектронного помножувача. Для цього слід звернути особливу увагу на величину інтенсивності індукованої біохемілюмінесценції і спектральну область в якій відбувається випромінювання.

Спектральні характеристики ФЭУ-85 і ФЭУ-64 зсунені в область синьо-зеленої частини спектру і мають вузьку область спектральної чутливості ніж ФЭУ-79, що не допускає їх використання для виміру спонтанної і індукованої біохемілюмінесценції. Якнайповніше цим вимогам задовольняє приймач ФЭУ-79.

Застосований ФЕП поєднує в собі високу чутливість з високою швидкістю і для повного використання цих можливостей необхідно застосувати такий електронний пристрій, який дозволить погоджувати електричні і тимчасові характеристики фотоприймача з реєструвальним пристроєм.

Цю задачу вирішує підсилювальний блок, що включає швидкодіючий підсилювач і дискримінатор. Підсилювальний блок повинен задовольняти певним вимогам, тому було приділено увагу розробці підсилювального блоку. Методика розрахунку ступінчастого переходу будується на базі теорії чебишевських ступінчастих переходів і поняттям хвилевого опору, що відповідає ефекту відбиття від поодинокого стрибка.

В результаті теоретичного і експериментального дослідження був виготовлений дослідний зразок. Прилад працює в області спектральної чутливості (370...830) нм, має максимальну спектральну чутливість в області (400...440) нм.

Прилад робить вимір інтенсивності біохемілюмінесценції в імп./с. Для реєстрації хемілюмінесценції застосовується фотоелектронний помножувач типу ФЭУ-79, що перетворює світловий потік в електричні імпульси, число яких пропорційне числу квантів світла що падають на фотокатод.

При необхідності передбачена система водяного охолодження ФЕП. Одним з найважливіших чинників надійної роботи фотоелектронного помножувача в заданому режимі є забезпечення його стабільним високовольтним джерелом живлення, а для функціонування усієї системи в цілому найважливішим є питання правильного узгодження вихідного опору ФЕП з підсилювальним і реєструючим блоками.

Була розроблена конструкція вимірювального перетворювача. Вимірювальний перетворювач складається з фотоприймача, камери для біологічних об'єктів, обладнання комутації.

Отже, представлений підсилювальний блок дозволяє погоджувати вихідний опір ФЕП з дискримінатором.

Для забезпечення стабільного живлення фотоелектронного помножувача було виготовлено високовольтне джерело живлення. Він забезпечує високу стабільність струму на рівні десятка міліампер, малий рівень пульсацій, а також можливість оперативного регулювання вихідної напруги безпосередньо в процесі роботи хемілюмінометра.

Метою експерименту було встановлення біотропних параметрів ЕМП міліметрового діапазону довжин хвиль, які забезпечували б стимуляцію біологічних процесів насіння пшениці при їх опроміненні. Біотропні параметри встановлювалися за величиною зміни інтенсивності індукованої ЕМП біохемілюмінесценції в порівнянні з інтенсивністю спонтанної біохемілюмінесценції.

Для спонтанної біохемілюмінесценції  $\gamma_k$  змінювалася в межах від 0,052 до 0,057,  $a_k$  від 1136 до 1282; для індуцированої  $\gamma_n$ , від 0,039 до 0,045,  $a_n$  від 2613 до 2200.

Аналіз експериментальних даних показав, що для насіння пшениці існують оптимальні параметри по частоті, потужності і експозиції, при яких спостерігається максимальні зміни інтенсивності біохемілюмінесценції.

Достовірність отриманих даних визначалася методом дисперсійного аналізу. Збільшення схожості в польових умовах склало 8...11%, виживаність зростає на 5...9%, урожай збільшився на 26...30 %. Поліпшення вищезазначених показників супроводжувалося:

- зростанням кущуватості на 0,5...0,7 шт. (відносно контролю);
- збільшенням довжини колосу на 1,3...9 мм;
- зростанням маси зерна в перерахунку на одну рослину на 0,3...0,6 г.

### Список використаних джерел

1. Волков В. А. К вопросу о влиянии электрического поля на посевные качества семян новых кормовых растений / Волков В. А., Волков В. В., Суворин В. П. // Записки Ленинградского СХИ, 1995. – Т. 275. – С. 46–49.

2. Саталкина Г. И. Повышение посевных качеств овощных культур путем предпосевной обработки их электрическим полем / Саталкина Г. И., Шумаева А.Н. // Труды кубанского СХИ, 1995. – Вып. 98/126. – С. 82–86.

3. Билык П. П. Воздействие на семена постоянного магнитного поля / Билык П. П., Комар В. И., Сердюк О. Г. // Картофель и овощи. – 2007, № 4. – С. 31–32.

4. Electromagnetic Non-Destructive Evaluation (XXIII) Series. Studies in Applied Electromagnetics and Mechanics. Volume 45. Published 2020. Editors Guiyun Tian, Bin Gao. ISBN. 978-1-64368-118-4 (print) | 978-1-64368-119-1 (online). Open Access. <https://ebooks.iospress.nl/volume/electromagnetic-non-destructive-evaluation-xxiii>

**Науковий керівник:** Косуліна Н. Г., д.т.н., професор кафедри БМІТЕ, *Державний біотехнологічний університет*

## ВИРІШЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОЇ ЗАДАЧІ З ПІДВИЩЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ЯБЛУК НА ОСНОВІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ РОСЛИНИЦТВА

**Букир І. В., [irinabukir451@gmail.com](mailto:irinabukir451@gmail.com)**

*Державний біотехнологічний університет*

Забезпечення населення плодовою продукцією визначається не лише рівнем виробництва, але і ефективною організацією її зберігання.

Значна доля втрат плодів (до 30% і більше) в період зберігання доводиться на поразку їх фізіологічними розладами і грибковими хворобами.

Існуюча система зберігання плодів з регульованим газовим середовищем (РГС) з достоїнствами характеризується і рядом недоліків.

Проте, знищення фізіологічних і грибкових хвороб плодів яблуні може бути отримане тільки при оптимальному поєднанні біотропних параметрів впливаючого ЕМП

Для визначення цих параметрів були проведені дослідження по розподілу електричного поля усередині тонкого сферичного шару з мікроорганізмами на основі моделі, яка представлена кулею, заповненою ізотропним однорідним середовищем з діелектричною і магнітною проникністю. Завдання полягає у визначенні цього поля як усередині, так і поза біооб'єктом. Оскільки біооб'єкт, (яблука) має сферичну симетрію, то розглядатимемо завдання про дифракцію в сферичній системі координат з початком в центрі біооб'єкту.

Теоретичний аналіз показав, що для знищення мікроорганізмів на поверхні яблук слід проводити з використанням електромагнітного



випромінювання в діапазоні частот 73 – 77 ГГц, експозицією 60...80 с., потужністю 650...750 мВт і відносною нестабільністю частоти  $10^{-7}...10^{-8}$ .

Рішення задачі, пов'язане з визначенням структурної схеми високостабільного електромагнітного джерела в діапазоні частот на основі ФАПЧ, зводиться до визначення елементів системи перенесення спектру від кварцового генератора в міліметровий діапазон.

Оптимальні параметри схеми генератора КВЧ діапазону визначаються за критерієм мінімуму дисперсії частоти (фази) коливань вихідного сигналу генератора, що синхронізується. Показники системи перетворення частоти цілком визначаються показниками ФАПЧ: смугами захоплення і утримання, стійкістю, що фільтрує здатністю, числом кілець ФАПЧ.

Для аналізу стійкості системи ФАПЧ за критерієм Гурвіця було використаний запис процесів за допомогою диференціального рівняння. Розрахунки показують, що система ФАПЧ має запас стійкості.

На основі проведених досліджень було встановлено, що для першого кільця потрібний помножувач з коефіцієнтом множення  $N_1=150$ , а для другого кільця з коефіцієнтом множення  $N_2 = 0$ .

Множення частоти в першому кільці джерела здійснюється від кварцового генератора з частотою 50 МГц і відносною нестабільністю частоти  $10^{-7}..10^{-8}$ .

З усіх каскадів множення в сумарну спектральну щільність потужності фазових шумів найбільший вклад вносить перший каскад, оскільки його власні шуми множаться подальшими каскадами. Тому вхідний каскад помножувача з  $n = 5$  повинен поміщатися першим.

На відміну від вхідних каскадів, що визначають фазові флуктуації, подальші підсилювально-помножувальні каскади окрім множення частоти повинні посилити вихідний сигнал до рівня необхідного для нормальної роботи помножувачів на діодах з накопиченням заряду (ДНЗ).

Для кращої фільтрації паразитних гармонік і забезпечення стикування з діодом з накопиченням заряду (ДНЗ) слідує, щоб крайовий каскад працював в режимі посилення, а для забезпечення стійкої роботи необхідно чергувати каскади посилення і множення.

Кварцовий резонатор типу КХ-9В працює на першій механічній гармоніці з частотою 50 МГц. З отриманих залежностей виходить, що потужність на виході кварцового генератора складає 25...28 мВт, відносна нестабільність частоти за  $\tau_u = 10^{-3}$  с рівна  $10^{-8}$ , а спектральна потужність фазових шумів сигналу на виході кварцового генератора складає -134 дБ/Гц при частоті настроєння від  $F = 10$  кГц. Далі експериментально були розглянуті помножувачі і підсилювачі в кільцях ФАПЧ генератора. У діапазоні до 300 МГц застосовувалися помножувачі з КСВ по входу 2 одиниці, а по виході не більше 2,5.

ККД множників складає від 23 до 25%. Принципова схема помножувача приведена на плакаті 8, амплітудна і частотна характеристики на плакаті 9, рис. 9 і 10. Для отримання максимальної потужності на виході ДНЗ було

застосований підсилювач, зібраний за балансною схемою. Спрощена схема балансного підсилювача показана на плакате 9, рис. 11, а на рис. 12 представлено зовнішній вигляд балансного підсилювача, об'єднаного на вході і виході квадратурними НВЧ мостами, на транзисторах 2Т918Б. При  $P_{вх} = 250$  мВт (одне плече модуля) на частоті 500 МГц підсилювальний каскад на виході має  $P_{вих} = 1$  Вт,  $K_p = 4$ , ККД = 28%.

У другому кільці ФАПЧ застосований помножувач на 10, зібраний на лавино-пролітному діоді типу 2А762А з вхідною потужністю 250 мВт і вихідний 50 мВт. Рівень бічних складових в помножувачі що нижче рівня несе не менше 22 дБ. Схема помножувача приведена на плакаті 10, рис. 13. При вхідній потужності помножувача 250 мВт потужність на виході складає 50 мВт. Рівень побічних складових що нижче рівня несе не менше чим 22 дБ.

В якості синхронізуючого каскаду, на виході генератора був застосований відкритий бочкоподібний резонатор на трьох діодах 2А762А. У цій конструкції на частоті 75 ГГц була отримана потужність 750 мВт при ККД підсумовування потужності 80%. Короткочасна відносна нестабільність частоти на виході складала  $10^{-8}$  за час вимірів  $10^{-3}$  с., а міра пригнічення дискретних складових у вихідному сигналі не менше 48 дБ.

Електронна перебудова частоти здійснюється варікапом з крутизною перебудови 600 МГц/В. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень встановлені, що для обробки яблук електромагнітним випромінюванням перед їх зберіганням слід використати джерело КВЧ випромінювання, .

Для виробничих досліджень по обробці ЕМ випромінюванням яблук сорту «Голден» була розроблена пересувна установка. Для стрічкового транспортера використовується фторопласт-4 з характеристиками: відносна діелектрична проникність 1,9; тангенс кута діелектричних втрат на частоті 75,8 ГГц  $(1.2) \times 10^{-4}$ . Технічні характеристики установки для обробки яблук : робоча частота 75,8 ГГц; короткочасна відносна нестабільність частоти  $10^{-8}$ ; вихідна потужність 650 мВт; крутизна електронної перебудови 600 МГц/В.

Виробничі дослідження показали, що для тривалого зберігання яблук їх слід опромінювати електромагнітним випромінюванням з параметрами: частота  $75,8 \pm 0,1$  ГГц; потужність на поверхні яблук  $650 \pm 0,5$  мВт; час експозиції  $60 \pm 5,0$  с., температура докільця  $18 \dots 20^\circ\text{C}$ . Застосування ЕМІ міліметрового діапазону для обробки яблук дозволило знищити мікроорганізми на їх поверхні і збільшити термін зберігання яблук до 120 діб при температурі  $18 \dots 20^\circ\text{C}$  в умовах зовнішнього середовища.

#### **Список використаних джерел**

1. Lockhart C. The influence of low oxygen levels and relative humidity on storage of green tomatoes / C. Lockhart, C. Eaves // J. Hort. sci. – 2017. – Vol. 42. – P. 289 – 294.
2. Otma E. C. Controlled atmosphere storage and film wrapping of red bellpepers / E. Otma // Acta Horticultural. – 2015. – Vol. 258. – P. 515 – 521.

3. Parsons C. Storage of mature green tomatoes in controlled atmosphere/ C. Parsons // J. Amer. Hort. Sci. – 2016. – P. 791 – 794.

**Науковий керівник:** Косуліна Н. Г., д.т.н., професор кафедри БМІТЕ,  
*Державний біотехнологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ РЕКЛОУЗЕРА РВА/ТЕЛ-10 ДЛЯ РЕЗЕРВУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖ**

**Стахміч Д. О., *stahmich@ukr.net***  
*Державний біотехнологічний університет*

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

Мета досліджень полягає в аналізі схемних рішень застосування реклоузерів РВА/ТЕЛ-10-12.5/630 для резервування розподільних електричних мереж напругою 6-10 кВ.

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

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

### **Список використаних джерел**

1. Карташев И. И. Качество электрической энергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения / Под ред. М. А. Калугиной. – М.: МЭИ, 2000. – 120 с.

2. Мирошник А. А. Анализ состояния проблемы качества электроэнергии в сельских сетях / А. А. Ми-рошник // Вісник НТУ "ХПІ" – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 41. – С. 100–104.

3. Паздерин А. В. Способы повышения достоверности измерительной информации систем учета электрической энергии / А. В. Паздерин // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 11–12. – С. 79–87.

4. Жежеленко, И. В. Методы вероятностного моделирования в расчетах характеристик электрических нагрузок потребителей / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко, В. П. Степанов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 128 с.

5. Богатырев, Л. Л. Математическое моделирование режимов ЭЭС в условиях неопределенности / Л. Л. Богатырев, В. З. Манусов, Д. Содномдорж. – Улан-Батор : Изд-во типографии МГТУ, 1999. – 348 с.

**Науковий керівник:** *Мірошник О.О. д.т.н., проф. зав. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Державний біотехнологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАХОДІВ З ПІДТРИМАННЯ ДОПУСТИМИХ РІВНІВ НАПРУГИ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ**

**Запорожченко Р. А., *zra@ukr.net***  
*Державний біотехнологічний університет*

Електрична енергія, що поставляється енергопостачальними організаціями споживачам по договорах, виступає як товар особливого виду, що характеризується збігом у часі процесів виробництва, транспортування та споживання, а також неможливістю його зберігання та повернення. Відповідно, як до товару будь-якого виду, до електроенергії застосовне поняття «якість».

Відхилення показників якості електроенергії, які регламентуються ГОСТ 13109-97, від нормованих значень погіршують умови експлуатації електроустаткування енергопостачальних організацій і споживачів електроенергії та можуть привести до значних збитків як у виробничому, так і у побутовому секторі. Тому підтримання допустимих рівнів напруги в сільських електромережах є досить гострою нагальною проблемою. Найбільш характерними типами електроприймачів є електродвигуни та установки електричного висвітлення. Значне поширення знаходять електротермічні установки, а також вентиляльні перетворювачі, що служать для перетворення змінного струму в постійний.

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості зменшення економічних збитків від негативного впливу відхилень напруги від нормованих показників якості електроенергії на роботу електротехнічного обладнання та підтримання рівнів напруги в допустимих межах з використанням технічних засобів.

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

#### **Список використаних джерел**

1. Карташев И. И. Качество электрической энергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения / Под ред. М. А. Калугиной. – М.: МЭИ, 2000. – 120 с.

2. Мирошник А. А. Анализ состояния проблемы качества электроэнергии в сельских сетях / А. А. Мирошник // Вісник НТУ "ХП" – Харків : НТУ «ХП», 2011. – № 41. – С. 100–104.

3. Паздерин А. В. Способы повышения достоверности измерительной информации систем учета электрической энергии / А. В. Паздерин // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 11–12. – С. 79–87.

4. Жежеленко, И. В. Методы вероятностного моделирования в расчетах характеристик электрических нагрузок потребителей / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко, В. П. Степанов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 128 с.

5. Богатырев, Л. Л. Математическое моделирование режимов ЭЭС в условиях неопределенности / Л. Л. Богатырев, В. З. Манусов, Д. Содномдорж. – Улан-Батор : Изд-во типографии МГТУ, 1999. – 348 с.

**Науковий керівник:** *Мірошник О.О. д.т.н., проф. зав. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Державний біотехнологічний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**Костюк С. Ю., kostjyk@ukr.net**

*Державний біотехнологічний університет*

Україна до 2014 року щорічно споживала близько 210 млн. тон умовного палива і відносилася до енергодефіцитних країн: 75% необхідного обсягу природного газу та 85% сирової нафти і нафтопродуктів імпортували. Низький рівень забезпеченості України власними енергоресурсами в значній мірі пояснюють високою енергоємністю її економіки. Енергоємність ВВП України у 2,6 рази перевищує середній рівень енергоємності розвинених країн. Вкрай актуальним сьогодні є питання енергозбереження енергоресурсів, оскільки енергетичну незалежність можна зіставити по суті з державною незалежністю.

На сьогоднішній день розподільні електричні мережі знаходяться у край важкому стані, що обумовлено високим ступенем фізичної і моральної зношеності електрообладнання, великими втратами електричної енергії на її передачу, низьким рівнем автоматизації і т. п.

Національна комісія України, яка здійснює державне регулювання в сфері енергетики, приділяє особливу увагу показниками якості надання послуг з

передачі та постачання електроенергії, які характеризуються індексами середньої тривалості відключень (SAIDI) і середньої частоти відключень (SAIFI) в мережі. Цільовий показник якості (SAIDI) для міської території встановлено 150 хвилин, для сільської - 300 хвилин. Аналіз показників якості компаній по всій Україні показує, що на сьогоднішній день показник SAIDI на порядок перевищує нормовані показники. Для компаній, які прийняли рішення про перехід на стимулююче регулювання, це означає необхідність скоротити середню тривалість перерв енергопостачання за 10 років майже в 5 разів.

Одним з перспективних способів зменшення втрат електричної енергії в електричній мережі є застосування номінальної напруги 20 кВ замість традиційних 6 кВ і 10 кВ.

#### **Список використаних джерел**

1. Карташев И. И. Качество электрической энергии в системах электроснабжения. Способы его контроля и обеспечения / Под ред. М. А. Калугиной. – М.: МЭИ, 2000. – 120 с.

2. Мирошник А. А. Анализ состояния проблемы качества электроэнергии в сельских сетях / А. А. Ми-рошник // Вісник НТУ "ХПІ" – Харків : НТУ «ХПІ», 2011. – № 41. – С. 100–104.

3. Паздерин А. В. Способы повышения достоверности измерительной информации систем учета электрической энергии / А. В. Паздерин // Известия вузов. Проблемы энергетики. – 2004. – № 11–12. – С. 79–87.

4. Жежеленко, И. В. Методы вероятностного моделирования в расчетах характеристик электрических нагрузок потребителей / И. В. Жежеленко, Ю. Л. Саенко, В. П. Степанов. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 128 с.

5. Богатырев, Л. Л. Математическое моделирование режимов ЭЭС в условиях неопределенности / Л. Л. Богатырев, В. З. Манусов, Д. Содномдорж. – Улан-Батор : Изд-во типографии МГТУ, 1999. – 348 с.

**Науковий керівник:** *Мірошник О.О. д.т.н., проф. зав. кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, Державний біотехнологічний університет*

## ЗМЕНШЕННЯ ВИКІДІВ CO<sub>2</sub> ВОДОГРІЙНИМИ КОТЛАМИ

Глазирін І.М. Студент 11МБ ЕЕ групи

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь, Україна*

**Анотація.** Стаття присвячена розгляду можливостей зменшення викидів CO<sub>2</sub> при використанні водогрійних котельних установок в системах тепlopостачання. Подано схему конденсаційного котла для спалювання лузги в якому реалізовано очищення димових газів.

**Ключеві слова:** котельні установки, зменшення викидів CO<sub>2</sub>, підвищення коефіцієнта корисної дії.

**Постановка проблеми.** Останнім часом набувають популярності технології зменшення викидів CO<sub>2</sub>. Перехід на відновлювані види палива такі, як: солома, лузга, брикети, пілети тільки математично підтримує нульовий баланс викидів CO<sub>2</sub>. Насправді викидів від спалювання цих «екологічно чистих» видів значно більше, ніж при спалюванні природного газу. Найбільш часто, використовують фільтри різних типів [1, 2,3,4]. Кожен з них має певні переваги та недоліки.

В даній роботі поставлена задача удосконалення водогрійного конденсаційного котла для спалювання лузги шляхом введення в систему нових конструктивних елементів, які дозволяють знизити обсяг шкідливих викидів в атмосферу підвищити коефіцієнт корисної дії, зменшити теплову інерційність, усунути нерівномірність нагрівання системи.

**Виклад основних матеріалів дослідження.** Нами отримано патент на конденсаційний котел для спалювання лузги [5], який дозволяє за рахунок конденсації водяної пари та пропуску димових газів через переливну решітку з постійним рівнем води видаляти з димових газів CO<sub>2</sub> золу та інші шкідливі домішки та підвищити К.К.Д. котла (рис.1).

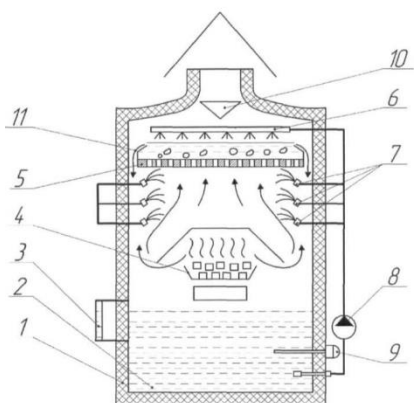


Рисунок 1. Схема конденсаційного котла для спалювання лузги: 1 - теплоізольована ємність, 2 - накопичувач гарячої води, 3 - рівнемір, 4 - топковий пристрій, 5 - переливна решітка з постійним рівнем води для конденсації водяної пари, очищення димових газів та утилізації теплоти, 6 - зрошувач, 7 - розпилювальні форсунки, 8 - циркуляційний насос, 9- термометр, 10 - патрубок випуску димових газів з відбивним конусом, 11 - водяна завіса

Котел працює таким чином. При включенні лузга потрапляє в топковий пристрій, туди ж подається повітря і починається горіння лузги з перетворенням хімічної енергії горіння в теплову енергію, яка передається теплоносію і дплі споживачам. Конденсат нагрівається за рахунок утилізації частини теплової енергії димових газів. Димові гази, які утворюються при спалюванні лузги і містять значний обсяг шкідливих викидів  $\text{CO}_2$  в атмосферу, подають для очищення під переливну решітку. Вони проходять через отвори в решітці і, барботуючи крізь шар води, очищуються за рахунок осадження твердих частинок на поверхні газових бульбашок. Зрошувач постійно розпилює воду з верхньої частини накопичувача - відстійника, за допомогою насоса зрошувача, над переливною решіткою, утворюючи на ній шар води, повертаючи краплі води та конденсуючи водяну пару, яка утворюється під час горіння палива, утилізуючи таким чином частину теплової енергії димових газів та конденсації водяної пари. В нижній частині накопичувача - відстійника накопичується шлам, який періодично зливається через штуцер для зливу шламу.

Також ефективні при декарбонізації викидів наші розробки: каскадний опалювальний пристрій [6] та мультитеплотрубний опалювальний пристрій [7].

**Висновки.** Введення в систему переливної решітки з постійним рівнем води для конденсації водяної пари, очищення димових газів та утилізації теплоти, а також зрошувача і розпилювальних форсунок, накопичувача - відстійника, штуцера для зливу шламу, дозволяє знизити обсяг викидів в атмосферу  $\text{CO}_2$  та інших шкідливих компонентів, які утворюються при спалюванні лузги, а економайзер - завдяки попередньому нагріванню живильної води за рахунок утилізації частини теплової енергії димових газів та утилізації теплової енергії конденсації водяної пари, яка утворюється під час горіння палива, дозволяє підвищити коефіцієнт корисної дії. Це сприяє частковій декарбонізації при генерації теплової енергії.

#### **Література**

1. Щербаков С.В., Стручаєв М.І., Постол Ю.О. Енергоефективність в системах тепlopостачання. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ. інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 6-8.
2. Постол Ю. О., Стручаєв М. І. Підвищення енергоефективності та енергозбереження використання низькопотенційних джерел енергії в органічному циклу Ренкіна. Матеріали II Всеукраїнської наук.-практ.



інтернет-конференції «Сучасні проблеми інноваційного розвитку електричної інженерії». Мелітополь: ТДАТУ, 2021. С. 74-77.

3. Дідур В. А. Теплотехніка, теплопостачання і використання теплоти в сільському господарстві : навч. Посібник / В. А. Дідур, М. І. Стручаєв; за ред. В. А. Дідура. - К. : Аграрна освіта, 2008. - 233 с.

4. Стручаєв М.І., Постол Ю.О. Аналіз термодинамічних процесів у потоці повітря// Вісник ХНТУСГ- Харків, 2017. - Вип. 187. - С. 28-29.

5. Патент. 131219, Україна, МПК(2006): F23G 7/00. Конденсаційний котел для спалювання лузги/ Стручаєв М.І., Борохов І.В., Постол Ю.О.; № u 2018 07063; заявл. 23.06.2018; опубл. 10.01.2019. Бюл. №1/2019.

6. Патент. 134287, Україна, МПК (2006): F01K 17/02 (2006.01), E03B 7/00. Каскадний опалювальний пристрій/ ., Стручаєв М.І., Петров В.О., Постол Ю.О. № u 2018 12285; заявл. 11.12.2018; опубл. 10.05.2019.

7. Патент. 134180, Україна, МПК (2006): F24H 4/00. Мультиплотрубний опалювальний пристрій/Стручаєв М.І., Самойчук К.О., Паляничка Н.О., Постол Ю.О. № u 2018 10945; заявл. 06.11.2018; опубл. 10.05.2019. Бюл. №9/2019.

**Науковий керівник:** Стручаєв М. І., к.т.н., доцент, Постол Ю. О., к.т.н., доцент *кафедри «Електротехнології і теплові процеси», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## СЕКЦІЯ 2

### ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА І АВТОМАТИЗАЦІЯ

УДК 621.315

#### **АНАЛІЗ КРИТИЧНОЇ ЗМІНИ ПРОВІДНОСТІ ДІЕЛЕКТРИКІВ ПОБЛИЗУ ФАЗОВИХ ПЕРЕХОДІВ**

*Котов Я.В., E-mail : yankotov228@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

**Анотація.** В роботі надано результати аналізу якісної зміни властивостей діелектричних матеріалів поблизу фазових переходів, розглянуто особливості фазових переходів в різних речовинах.

**Постановка проблеми.** Для багатьох технічних застосувань діелектриків в електроніці велике значення мають фазові перетворення, що відбуваються в деяких твердих і рідких речовинах без зміни їх агрегатного стану — в межах тільки твердої або рідкої фази. Ці перетворення відбуваються внаслідок електронних, дипольних, магнітних та інших взаємодій структурних елементів речовини — іонів, атомів, молекул або їх комплексів. В околиці фазових перетворень структура речовини виявляється надзвичайно податливою до зовнішніх впливів (тепловим, електричним, магнітним або механічним), причому навіть при малих впливах електричні, оптичні та інші властивості речовин значно змінюються. Незвичайно висока чутливість до слабких зовнішніх впливів, що має місце поблизу фазових перетворень, використовується в багатьох видах приладів і пристроїв електронної техніки[3].

**Мета статті.** Навести результати аналізу зміни властивостей діелектриків під дією зовнішніх впливів поблизу фазових переходів.

**Основні матеріали дослідження.** У рамках макроскопічної теорії, що розглядає діелектрик, як суцільне середовище, електричні властивості діелектриків: високий електроопір, здатність до поляризації пояснюються тим, що у металах концентрація вільних електронів практично така сама, як у атома, а вільних електронів в діелектриках надзвичайно мало.

Зазвичай при зміні зовнішніх умов електричні властивості діелектриків (провідність, діелектрична проникність, оптична активність та ін.) змінюються плавно і неперервно. Однак поблизу фазових перетворень дані параметри можуть змінюватися різко, стрибком, іноді на кілька порядків за величиною. Ці особливості свідчать про якісну зміну властивостей діелектрика — про те, що в ньому відбувся фазовий перехід (ФП). Фазові переходи, що виникають при зміні параметрів навколишнього середовища в діелектриках та напівпровідниках деяких класів, супроводжуються істотною перебудовою їх

електронної, фононої, дипольної, магноної або інших підсистем. У кристалах така перебудова пов'язана зі зміною їх симетрії в околиці ФП [1, 2]. У полімерах різноманітність ФП визначається особливостями кінетики міжмолекулярних взаємодій: виникають орієнтаційне плавлення, кристалізація, склування та ін. У рідких кристалах ФП відповідають появі або зміни лінійного, площинного або гвинтоподібного впорядкування анізотричних молекул.

Незважаючи на велику різноманітність ФП у різних речовинах, можна ввести деякі загальні критерії для їх класифікації. Згідно з Еренфестом, в основу класифікації може бути покладено характер зміни при переході основних термодинамічних функцій та їх похідних. Рід ФП визначається найменшим порядком відмінних від нуля приватних похідних від термодинамічного потенціалу  $\Phi$ [4]. Останній репрезентує собою певну функцію об'єму  $V$ , температури  $T$ , тиску  $p$ , ентропії  $S$  та інших макроскопічних параметрів, якими можна описати стан термодинамічної системи - речовини, що відчуває ФП. Класичним прикладом фазових переходів першого роду (ФП1) можуть бути плавлення (або кристалізація), випаровування (або конденсація) .

У ряді випадків ці переходи, що відбуваються, в межах одного (зазвичай — кристалічного) агрегатного стану, можуть носити формальні риси переходів першого роду, залишаючись при цьому близькими за своєю природою до ФП2. Одна й та сама за хімічним складом речовина може, таким чином, стійко перебувати у двох різних станах: бути провідником електричного струму або ізолятором. У стані з високою провідністю перенесення електричного заряду може в одних випадках здійснюватися електронами, а в інших — іонами. З підвищенням температури провідність, як правило, зростає але може падати. І нарешті, стрибок провідності може викликатися змінами електричного поля, тиску і геометричних розмірів зразку. Різкі стрибки провідності, зокрема в температурній залежності, не можна пояснити у рамках звичайних уявлень про механізм перенесення заряду в діелектриках та напівпровідниках. Якщо стрибок провідності має електронну природу, він означає фундаментальну зміну електронного спектру кристала, який з діелектричного (зі щільною в спектрі електронних станів) перетворюється на металевий (безперервний розподіл станів). Умовно такі переходи можуть бути названі ФП типу діелектрик – метал. Якщо зростає іонна складова струму, це зумовлено зазвичай «плавленням» однієї з подрешіток кристала (зазвичай катіонної) та ФП на « називають суперіонним, тобто припускають, що твердий діелектрик переходить в стан електроліту. Переходи типу електронної провідності на околиці ФП діелектрик-метал мають принципове значення для фізики твердого тіла, оскільки пов'язані з корінною перебудовою електронного спектра кристала [4]. Вивчення природи ФП з металевого в діелектричний стан представляє не тільки науковий, а й технічний інтерес, оскільки різкі зміни електричних та оптичних властивостей кристалів в околиці таких переходів знаходять застосування в пристроях електроніки та автоматики.

При випаровуванні будь-якого металу він перетворюється на діелектрик, оскільки атоми настільки віддаляються один від одного, настільки, що перекриття їх валентних оболонок стає неможливим. Інших можливостей фазових перетворень металу на діелектрик з одноелектронної теорії не впливає. Тому експериментальні характеристики щодо різкої зміни провідності різних речовин виходять за межі передбачень цієї поширеної теорії. Справа в тому, що наближення хвильових функцій, прийняте одноелектронною теорією, засноване на особливостях будови хвильових функцій s- і p-електронів, орбіталі яких мають велику просторову протяжність і значне взаємне перекриття. Перш ніж перелічити різні теоретичні інтерпретації ФП типу діелектрик - метал, доцільно навести повніше, ніж дані про зміну сукупності фізичних властивостей кристалів в околиці такого переходу. Далі, на рисунку 1, ми можемо побачити особливості фазових перетворень в металах.

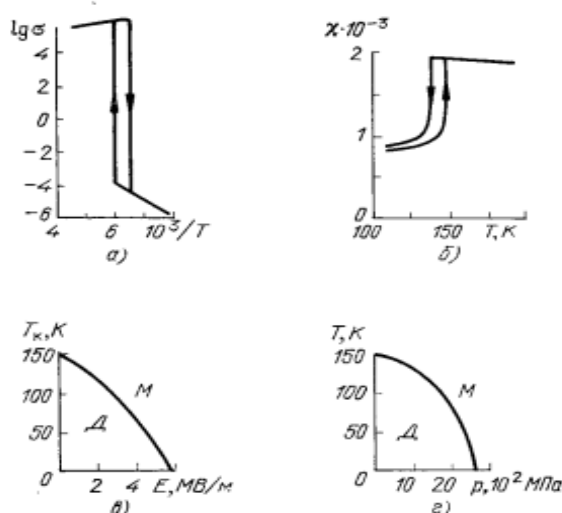


Рисунок 1 – Особливості фазового переходу в окису ванадію

**Висновок:** У фазових переходах критична провідність діелектриків не стійка і може змінюватись, в залежності від речовини і матеріалу діелектрика.

**Список використаних джерел:**

1. Бородулин В. Н. Электротехнические и конструкционные материалы: учебн. пособие для студ. сред. проф. образования / В. Н. Бородулин, А. С. Воробьев, В. М. Матюхин; под ред. В. А. Филикова. - 3-е изд., испр. - М.: Издательский центр "Академия", 2007. - 280 с.
2. Коваленко О. І. Електротехнічні матеріали / О. І. Коваленко, Л. Р. Коваленко, В. О. Мунтян, І. П. Радько - Мелітополь.: "Люкс", 2008. - 245 с.
3. Сайт кафедри "Електроенергетики і автоматизації" - [Електронний ресурс].

—

Режим доступу. : <http://www.tsatu.edu.ua/ea/>

4.Тареев Б. М. Электрорадиоматериалы / Б. М. Тареев, Н. В. Короткова, В. М.Петров, А. А. Преображенский; под ред. Б. М. Тареева: Учебное пособие для

студентов вузов. - М.: Высш. школа, 1978, - 336 с.

**Науковий керівник:** Дубініна С.В., асистент кафедри «Електроенергетика і автоматизація», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.

## **ЗАСТОСУВАННЯ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ ОБІГРІВУ НА ПОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

*Слинько В. О. [alexner468@gmail.com](mailto:alexner468@gmail.com)*

*ДВНЗ "Мелітопольський промислово-економічний коледж"*

Поточний етап розвитку сучасного суспільства характеризується стрімким зростанням ступеня автоматизації промислових підприємств. Кабельні системи обігріву знаходять щонайширше застосування. Їх перевагами є малі габаритні розміри кабелю, використання електроенергії для нагріву, легкість монтажу тощо.

Системи кабельного обігріву підлоги доцільно застосовувати для різних промислових приміщень. Будь-яка система, в якій використовуються нагрівальні елементи або терморегулятори, придбані користувачем, має бути схвалена кваліфікованим електриком перед введенням в експлуатацію. Включаючи тип, розмір, монтаж і підключення нагрівального елемента. Включаючи тип, підключення і налаштування терморегулятора для керування нагрівальним елементом. Використання нагрівальних елементів за призначенням, яке описано інструкцією, є використання лише для підігріву підлоги. Не можна встановлювати елементи в металевій підлозі або використовувати в системах опалення з теплоаккумуляцією. Елементи мають бути повністю вмуровані принаймні на 5 мм у бетон, стяжку, клей для плитки тощо. Системи кабельного підігріву приміщень можуть використовуватися в оранжереях, на клумбах, грядках розсаджень і боксах для зростання насіння.

Для досягнення необхідної температури ідеально підходять нагрівальні кабелі, які при використанні з електронним терморегулятором і датчиками температури, зводять споживання енергії до мінімуму. Ніколи не обрізайте і не вкорочуйте нагрівальний елемент. Обрізання нагрівального елемента призведе до втрати гарантії. Монтаж елементів має здійснюватися відповідно до будівельних норм і правил, правил будови електроустановок, а також відповідно до інструкцій з монтажу. Нагрівальні елементи повинні мати стаціонарне підключення, яке повинен робити кваліфікований електрик. Щоб зменшити втрати тепла вниз, необхідно використовувати сучасні ізоляційні матеріали з низьким об'ємом вологопоглинання (наприклад вспінений полістирол).

До кабелів для систем обігріву в більшості випадків пред'являються підвищені вимоги. При використанні для систем обігріву необхідно забезпечити високий рівень електробезпеки. Нагрівальні кабелі для таких застосувань мають електроізоляцію нагрівальних провідників, поверх якої розташовано захисний екран з металевого або мідного дроту або фольги і зовнішню ізоляцію. Захисний екран належить заземлювати. Для використання на відкритому повітрі ізоляція кабелю має бути стійка до дії ультрафіолетового випромінювання Сонця

**Висновок.** Перевагами є невисока вартість, відсутність пускових струмів, постійність потужності за часом, технологічніший монтаж в порівнянні з резистивним кабелем, висока надійність нагрівального контуру, оскільки при пошкодженні або локальному перегріві і виходу однієї або декілька гріючих зон з ладу у кабелю не працює тільки пошкоджена зона.

#### **Список використаних джерел**

Бевз В.В. Розвиток механізму енергозбереження на підприємствах харчової промисловості / В. В. Бевз // Вчені записки: зб. наук. праць. – К. : КНЕУ, 2011. – № 13. – С. 169-173.

Джеджула В.В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління : монографія / В.В. Джеджула. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 346 с.

**Науковий керівник:** Перова Н.П., викладач ЦК № 4 «Загальнотехнічної підготовки та електричної інженерії», ДВНЗ "Мелітопольський промислово-економічний коледж"

**УДК 621.316**

## **ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОВИЯВЛЕННЮ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.**

*Сідельников Б.Ю., E-mail: [bogdansidelnikov@gmail.com](mailto:bogdansidelnikov@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.*

**Анотація.** В роботі надано результати огляду існуючих методів, технічних рішень і заходів, по визначенню аварійних ситуацій в системах електропостачання, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації.

**Постановка проблеми.** Існує досить багато методів, технічних рішень, заходів, спрямованих на забезпечення іскробезпеки як самої електроустановки, так і окремих її частин, є особливості їх застосування. Більшість з них, в першу чергу направлена на зниження вірогідності виникнення аварійних електричних процесів.

Проблеми, пов'язані з побічними ефектами іскріння, дугових замикань і виникнення нестійкого перехідного опору в електричних колах

супроводжують людство протягом всього періоду використання властивостей електричного струму. Ці проблеми вирішуються в кожному конкретному випадку різноманітними способами [2].

Мета статті. Навести результати аналізу існуючих методів, технічних рішень і заходів, по визначенню аварійних ситуацій в системах електропостачання.

Основні матеріали дослідження. Способами вирішення проблем, пов'язаних з побічними ефектами іскріння, дугових замикань і виникнення нестійкого перехідного опору в електричних колах, є:

- зниження електричного навантаження на вузли комутації за допомогою застосування твердотілих ключових елементів і вибору моментів перемикачів при нульових значеннях струму в комутуючих колах;
- зниження вірогідності виникнення самого процесу іскріння шляхом здування дуги в розчіплювачах потоком повітря або її витягуванням магнітним полем;
- внесення змін в конструкцію, застосовуючи дугогасні камери або іскрові розрядники розосередженого розряду;
- розробка пристроїв, направлених на виявлення аварійних процесів, що протікають в електричних колах, і сторонніх процесів, що протікають при комутаціях, в тому числі шляхом дослідження механізмів витoku електроенергії в електророзподільних мережах; вивчають прояв цих витоків, наприклад, у вигляді місцевих нагрівів окремих струмоведучих частин електроустановок.

Розглянемо кожен з методів вказаних, в таблиці [1], з урахуванням особливостей їх застосування.

Тепловізійний контроль технічно неможливий для розгалужених електроустановок. Даний вид контролю може застосовуватися у вигляді додаткових періодичних перевірок небезпечних і схильних до пошкоджень вузлів електроустановки, але спостереження за всіма провідниками і їх з'єднаннями стає неможливим по причині низької чутливості теплових детекторів, їх вузької діаграми направленості і неефективності спостереження скрізь теплоізолюючі матеріали.

Радіочастотний контроль здійснюється широкополосними приймачами, радіо детекторами іскрових і дугових розрядів, і не гарантує необхідної достовірності, при якій стає можливим їх застосування в якості безперервних засобів контролю. Потужні зовнішні перешкоди (наприклад, грозові розряди або робота потужних радіопередатчиків) часто призводить до хибного визначення іскронебезпечної ситуації в системі.

Таблиця 1 – Методи виявлення іскріння та електричної дуги.

Метод	Тепловізійний	Радіочастотний	Електричний
Реєстрація аварійної ситуації в контрольованій мережі	можлива	Проблематична в ряді випадків (високий рівень зовнішніх електромагнітних	можлива

		завад, екранування провідників)	
Визначення місця аварії	можливо	проблематично	проблематично
Спосіб	визначення місця нагріву електричних контактів за термограмою	спектральний аналіз радіоефіру на предмет наявності характерного набору частот	часовий або частотний аналіз струмів і (або) напруг в контрольованому колі

В якості прикладу радіочастотного контролю може слугувати прилад марки «DIM-Loc», призначений для реєстрації і аналізу часткових розрядів, діагностики дефектів, оперативної локації місць їх виникнення. Однак найбільш ефективним є застосування подібних приладів для вимірювання розрядів у високовольтних колах таких як: (силові трансформатори, вимірювальні трансформатори струму і напруги, кабельні лінії муфти, опорна та підвісна ізоляція).

Також неможливе селективне (як за кількісним так і за якісним параметром) спостереження за близько розташованими частинами електроустановки, унеможлиблююче хибне відключення штатно функціонуючої частини електроустановки при несправній сусідній частині [1]. Електричні методи контролю мають ряд переваг, серед яких: селективність, можливість побудови багатоступневих систем, висока завадостійкість до радіочастотних завад. Направлений моніторинг електроустановок і ефективно зниження завад, не пов'язаних з мережею, що контролюється, - ключові фактори для створення автоматичних систем неперервного контролю. Датчиком в пристроях, що використовують електричні методи, зазвичай є включений послідовно з навантаженнями прецизійний шунт або трансформатор струму, а електричним параметром що контролюється – повний струм, який протікає в електроустановці [3].

Водночас, на практиці, застосування електричних методів контролю є досить складною задачею, рішення якої представляє собою процес виявлення аварійної ситуації при одночасній роботі електроприймачів різних типів, що комутуються та реконфігуруються в довільні моменти часу.

Висновок: Системний аналіз розглянутих вище методів виявив, що існуючі методи не забезпечують необхідної достовірності і швидкості знаходження при ідентифікації аварійних ситуацій внаслідок своєї складності та неоднозначності. Також ці методи мають значні обмеження по застосуванню. В ході рішення наукової проблеми встановлено, що основні недоліки методів пов'язані, насамперед, з недостатнім вивченням даної області і відсутністю комплексного підходу при дослідженні стаціонарних і нестаціонарних процесів, що протікають в електроустановці. Але з практичної точки зору,



найбільш доцільним і технологічним є електричний метод контролю, що використовує різноманітні способи аналізу повного струму, який протікає в колі підключених до електроустановки приймачів.

#### **Список використаних джерел.**

Лобода О. І. Конспект лекцій з дисципліни "Техніка високих напруг " URL: <http://nip.tsatu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=280804> (дата звернення: 25.11.2020)

Технічна політика НЕК "Укренерго" у сфері розвитку та експлуатації магістральних та міждержавних електричних мереж URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/10/Tehpolityka-redaktsiya-2019-dlya-rozmishhennya-na-sajti>. (дата звернення: 01.12.2020)

Лисенко О.В. Конспект лекцій з дисципліни "Електрична частина станцій і підстанцій" URL: <http://nip.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=5134> (дата звернення 25.11.2020)

**Науковій керівник:** Дубініна С.В. , асистент кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ТЕРМОРЕГУЛЯЦІЇ НА БАЗІ ПІД РЕГУЛЯТОРУ**

*Сахно І., e-mail: [aoheaven@protomail.com](mailto:aoheaven@protomail.com)*

*ВСП "Новокаховський фаховий коледж  
Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра  
Моторного"*

ПД-регулятор був винайдений ще в 1910, пізніше, в 1942 р., Зіглер і Нікольс розробили методику його налаштування, а після появи мікропроцесорів у 80-х роках розвиток ПД-регуляторів відбувається наростаючими темпами. Загальна кількість публікацій з ПД-регуляторів за 9 років з 1973 р. по 1982 р. становила 14 шт., з 1983 по 1992 р. - 111 шт., а за період з 1998 по 2002 рік - 225 шт. На одному семінарі ІФАС (International Federation of Automatic Control) у 2000 р. було представлено близько 90 доповідей, присвячених ПД-регуляторам. Кількість патентів на цю тему, що містяться в патентній базі даних у січні 2011 р., склала 284 шт.

ПД-регулятор відноситься до найпоширенішого типу регуляторів. Близько 90...95% регуляторів, що знаходяться в даний час в експлуатації, використовують ПД алгоритм. Причиною такої високої популярності є простота побудови та промислового використання, ясність функціонування, придатність для вирішення більшості практичних завдань та низька вартість. Серед ПД-регуляторів 64% займають одноконтурні регулятори і 36% - багатоконтурні. Контролери зі зворотним зв'язком охоплюють 85% всіх додатків, контролери з прямим зв'язком – 6%, контролери, з'єднані каскадно – 9%.

ПІД-регулятор використовує пропорційно-інтегрально-диференціальний закон регулювання. ПІД-регулятор, втілений у вигляді технічного пристрою, називають ПІД-контролером. ПІД-контролер зазвичай має додаткові сервісні властивості автоматичного налаштування, сигналізації, самодіагностики, програмування, ненаголошеного перемикачів режимів, дистанційного управління, можливістю роботи в промисловій мережі та інше.

При ПІД регулюванні сигнал управління залежить від різниці між вимірним параметром і заданим значенням, від інтеграла відхилення вимірної величини від заданої і від швидкості зміни параметрів. В результаті ПІД регулятор забезпечує такий стан виконавчого пристрою, при якому вимірюваний параметр дорівнює заданому. Оскільки стан виконавчого пристрою стабілізується, точність підтримки параметра у системі підвищується вдесятеро.

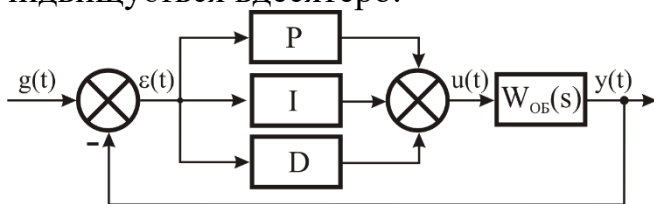


Рисунок 1 – Система автоматичного керування побудована на базі ПІД регулятора

Сигнал управління для ПІД регулятора визначається сумою трьох компонентів (пропорційної, інтегральної та диференціальної):

$$u(t) = P + I + D = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

де  $u(t)$  – функція керування;

P – пропорційна складова;

I - інтегральна складова;

D - диференціальна складова;

$e(t)$  – текуча помилка;

$K_p$  – пропорційний коефіцієнт;

$K_i$  - інтегральний коефіцієнт;

$K_d$  - диференціальний коефіцієнт;

Сигнал управління, який виробляє регулятор, визначається тим, наскільки велике неузгодження (пропорційна компонента), наскільки довго зберігається неузгодження (інтегральна компонента) і, нарешті, як швидко змінюється неузгодження (диференціальна компонента).

Після появи дешевих мікропроцесорів та аналого-цифрових перетворювачів у ПІД-регуляторах використовується автоматичне налаштування параметрів, адаптивні алгоритми, методи нечіткої логіки, генетичні алгоритми. Ускладнилися структури регуляторів: з'явилися регулятори з двома ступенями свободи, із застосуванням принципів

розімкнутого управління у поєднанні із зворотним зв'язком, із вбудованою моделлю процесу.

Незважаючи на довгу історію розвитку та велику кількість публікацій, залишається багато проблем у питаннях усунення інтегрального насичення при регулюванні в контурах з гістерезисом, нелінійними об'єктами та транспортною затримкою; практичні реалізації ПІД-контролерів не завжди містять антиаліасні фільтри, гранична частота фільтра часто обрана неправильно, надмірний шум і зовнішні обурення ускладнюють налаштування параметрів. Проблеми ускладнюються тим, що у сучасних системах управління динаміка часто невідома, регульовані процеси не можна вважати незалежними, вимірювання сильно зашумлені, навантаження непостійне, технологічні процеси безперервні.

Частина проблем виникає через складність експлуатації. У багатьох ПІД-контролерах диференціальна компонента вимкнена тільки тому, що її важко правильно налаштувати. Користувачі нехтують процедурою калібрування, недостатньо глибокі знання динаміки регульованого процесу не дозволяють правильно вибрати параметри регулятора. В результаті 30% регуляторів, що працюють у промисловості, налаштовані неправильно. Тому основні зусилля дослідників в даний час зосереджені на пошуку надійних методів автоматичного налаштування регуляторів, як вбудованих в ПІД контролер, так і ті, що функціонують на окремому комп'ютері.

На українському ринку ПІД контролери найбільш добре представлені продукцією фірм ABB, Foxboro, Honeywell, Yokogawa, Toshiba, Siemens, Omron, Контравт, Овен, RealLab!

Для використання ПІД регулятора в системах терморегуляції будь якого технологічного процесу (інкубатор, піч, нагрівач води та інше) запропонована електрична принципова схема, яка складається з ПІД регулятора типу REX C100 і допоміжних елементів

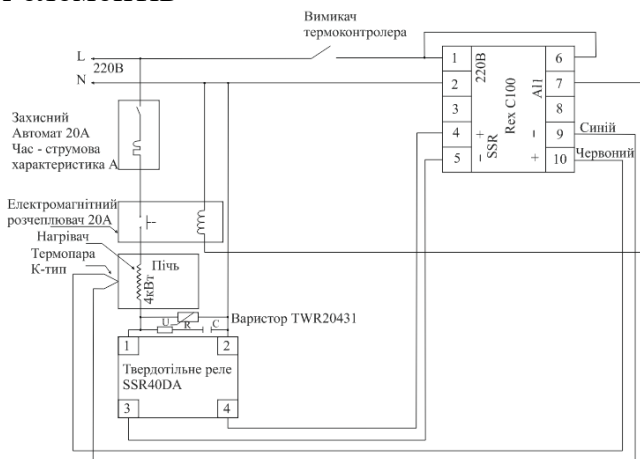


Рисунок 2 – Принципова електрична схема системи автоматичного керування стабілізації температури на базі ПІД регулятора

Якість управління, яке забезпечує ПІД регулятор, значною мірою залежить від того, наскільки добре вибрані параметри регулятора

відповідають властивостям системи. Це означає, що ПІД регулятора перед початком роботи необхідно налаштувати.

Існує багато різних методик налаштування ПІД регуляторів. Але ми розглянемо методику налаштування ПІД регулятора на базі ПІД контролеру типу REX C100, зовнішній вигляд передньої панелі представлено на рис. 3. Стисла інструкція налаштування така:



Рисунок 3 - Передня панель ПІД контролеру типу REX C100

- короткочасно натиснути кнопку SET і увійти в налаштування (SL 1), встановлюємо значення настройки (1000);
- короткочасно натиснути кнопку SET шукаємо налаштування (СОД) та встановлюємо (0001);
- короткочасно натиснути кнопку SET шукаємо налаштування (PGDP) і встановлюємо значення (0001);
- натиснути та утримати кнопку стрілочка в бік, що призведе до виходу з налаштувань;
- на обох дисплеях буде температура з десятими градусами;
- короткочасно натиснути кнопку SET і встановити бажану температуру;
- натиснути і утримати кнопку SET, на дисплеї (AL1) –буде встановлена температура спрацьовування аварійного реле.

В цьому регуляторі є режим авто налаштування завдяки якому після його включення ПІД регулятор почне автоматично підбирати ПІД коефіцієнти, які будуть оптимальними для підтримки заданої температури (рис. 4) .

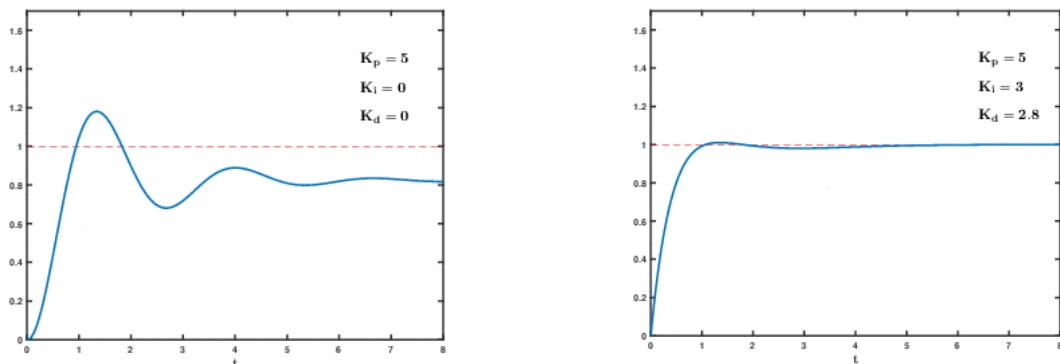


Рисунок 4 - Автоматичний підбір коефіцієнтів ПІД регулятора при заданій температурі

На лицьовій панелі почне блимати зелений світлодіод. Якщо використовувати режим автоналаштування, PID коефіцієнтів, то при цьому режимі опустить бажану температуру на 1 градус. Це пов'язано з тим, що при цьому режимі регулятор тричі проганяє термосистему і температура короткочасно буде підніматися на 1...2 градуси вище бажаної.

Після закінчення певного часу, який залежить від конкретного об'єкта, зелений світлодіод перестане блимати. Після цього підніміть температуру до бажаної.

#### Список використаних джерел

Діордієв В. Т. Засоби автоматизації електротехнічних комплексів: навчальний посібник / В.Т. Діордієв, А.О. Кашкар'єв, С.В. Дубініна, Г.В. Новіков. – Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2020. – 220 с.,

Белов М. П. Технические средства автоматизации и управления: Учеб. пособие. - СПб.: СЗТУ, 2006. - 184 с.

Старостин, А. А. Технические средства автоматизации и управления : учеб. пособие / А. А. Старостин, А. В. Лаптева. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2015. — 168 с.

Настройка PID регулятора REX C100 для брудерів и инкубаторов [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://elemag.dp.ua/a410527-nastrojka-pid-regulyatora.html>

**Наукові керівники:** Говяденко О. В., викладач спецдисциплін 2 категорії  
ВСП "Новокаховський фаховий коледж ТДАТУ ім. Дмитра Моторного"  
Тодоріко О. М., викладач спецдисциплін вищої категорії  
ВСП "Новокаховський фаховий коледж ТДАТУ ім. Дмитра Моторного"

## ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ЦИФРОВОГО ПУЛЬСОКСИМЕТРУ НА БАЗІ ДАТЧИКА МАХ30100

Азархов О.Ю. e-mail: [alexazarhov@gmail.com](mailto:alexazarhov@gmail.com)

Сілі І.І. e-mail: [ivansili1012@gmail.com](mailto:ivansili1012@gmail.com)

ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»

У зв'язку з поточною пандемією коронавірусу Covid-19 різко зріс попит на такі електронні пристрої як безконтактні термометри і пульсоксиметри (Pulse-Oximeters). В даний час існує досить багато пульсоксиметрів, які розрізняються за принципом дії. Але в цій роботі ми розглянемо створення сенсору на основі плати Arduino і датчику МАХ30100, який за принципом дії і відображення отриманих результатів буде максимально наближений до пульсоксиметру промислового виготовлення, які продаються в магазинах. Для цього ми застосували в даному проекті датчик МАХ30100 і OLED дисплей. Також ми намагалися зробити наш пульсоксиметр максимально компактним, в зв'язку з чим ми спроектували його на основі плати Arduino Nano. Аналіз показав, що на сьогодні велика кількість сучасних розробок проектується з використанням плати сімейства Arduino. Нами в попередніх роботах представлено ряд моделей з використанням плати ArduinoUno[1-3].

Датчик МАХ30100 дозволяє проводити вимірювання рівня насичення крові киснем (сатурація кисню в крові, SpO<sub>2</sub>) і пульсу (серцевого ритму) та передавати цю інформацію мікроконтроллеру по інтерфейсу I2C. Таким чином, датчик містить дві інтегровані в нього функції - моніторинг пульсу і вимір рівня насичення киснем крові в неінвазивної формі.

Датчик містить фотодетектори і оптичні елементи, в яких проводиться модуляція випромінювання червоного або зеленого світлодіодів імпульсами. Струм світлодіодів можна налаштувати в діапазоні від 0 до 50mA[4]. На рисунку 1 представлено принципову схему пульсоксиметру.

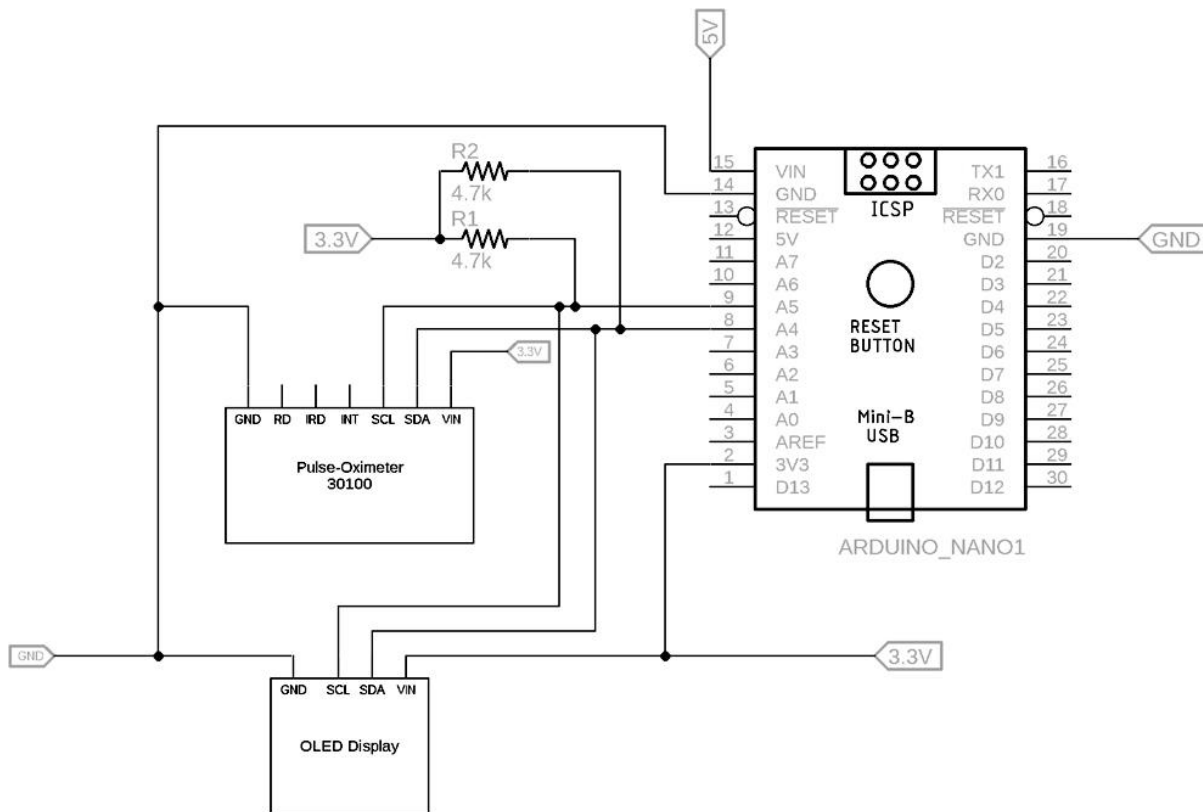


Рисунок 1 - Принципова схема пульсоксиметру

Як видно, схема дуже проста - контакти A5 і A4 плати Arduino Nano з'єднані з контактами інтерфейсу I2C (SDA і SCL) датчика MAX30100 і OLED дисплея з використанням двох підтягуючих резисторів.

Схему проекту ми зібрали на компактній попередньо сформованій друкованій платі. Після складання апаратної частини проекту і завантаження програму в плату Arduino можна приступати до тестування роботи проекту. Без відсутності даних (палець не притулений до датчика) на екрані OLED дисплея показуються нульові показання. Коли ми притулили палець, на екрані відобразився рівень насиченості кисню в крові (SPO2) 97% і частота пульсу, рівна 82 ударів в хвилину, що відповідають поточним значенням, знятими на аналогічному промисловому сенсорі.

#### Список використаних джерел

Сілі І. І., Азархов О. Ю. Розробка моделі цифрового фетального пульсометру. Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2021. Вип. 11, том 1. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tsst/wp-content/uploads/sites/6/naukovyj-visnyk-tdatu-2021-vypusk-11-tom-1.pdf>. DOI: 10.31388/2220-8674-2021-1-35

Сілі І. І., Волошин В. С., Азархов О. Ю. Осушувач повітря на базі елемента Пельтьє та Ардуіно. Медична інформатика та інженерія, 2020. Вип. (2). с. 90-95. <https://doi.org/10.11603/mie.1996-1960.2020.2.11180>

Сілі І. І., Азархов О. Ю. Модель безструмового апарату підігрівання імплантантів. Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали I Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01-24 квітня 2020 р.) / ТДАТУ: ред. кол. В. М.

Кюрчев, В. Т. Надикто, О. Г. Скляр [та ін.]. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. с. 417–419.

Cárcamo A. A. C., Reyes M. G. M., Urbina S. M. S. Low cost Pulse Oximeter using Arduino . 2019 IEEE CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON). IEEE, 2019. С. 1-6.

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ БЛИСКАВКИ**

*Жгір І.М., e-mail: zhgir25@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Лінії електропередачі є досить важливими об'єктами енергосистем, оскільки ними відбувається передача електричної енергії споживачам. Тому вони повинні бути надійно захищеними від впливу зовнішніх факторів, в тому числі від атмосферних перенапруг. Внаслідок електромагнітної індукції близький удар блискавки створює також індуковану перенапругу, котра зазвичай призводить до деякого збільшення напруги на ізоляції. Удари блискавки, як правило, відбуваються за дії робочої напруги лінії, що призводить до коротких замикань та вимкнення пошкодженої лінії електропередачі. Від місця удару блискавки вздовж лінії зі швидкістю світла з малим спотворенням і загасанням розповсюджуються електромагнітні хвилі. Дійшовши до підстанції, ці хвилі можуть викликати небезпечні перенапруги на ізоляції її обладнання. Для об'єднаних енергетичних систем несанкціоновані вимкнення, викликані ударами блискавки, є небезпечним явищем, оскільки можуть призвести до випадання цих систем із синхронізму з катастрофічними наслідками. Крім цього, атмосферні перенапруги, потрапляючи з повітряних ліній електропостачання на обладнання електричних станцій і розподільних підстанцій, викликають руйнування (пробої) ізоляції електричних апаратів, трансформаторів, вимикачів тощо, аж до виходу з ладу автоматизованих систем управління технологічними процесами [1]. Отже, блискавка, інтенсивність якої зросла в останні десятиліття, що обумовлено зміною клімату, призводить до руйнування систем електропостачання, зокрема повітряних ліній усіх номінальних класів напруги. Для захисту були розроблені спеціальні методи та інструменти. Дослідження нових та вдосконалення існуючих методів та засобів блискавкозахисту є актуальним науково-технічним завданням.

Руйнування систем електропостачання та повітряних ліній призводить до необхідності вирішення ряду питань, які пов'язані з захистом від імпульсних струмів і перенапруг.



Для розв'язання цих питань грозозахисту ЛЕП з проводами із захисним покриттям, необхідно виділити існуючі моделі захисту, а саме: американську, фінську, японську системи грозозахисту.

Американська система грозозахисту передбачає зняття ізоляції на ділянці проводу коло ізолятора та встановлення дугостійких зажимів. За перекриття ізолятора загорається дуга, яка рухається ділянкою, обмеженою зажимами, на яких в подальшому дуга горить до вимкнення лінії (рисунок 1) [2, 3].

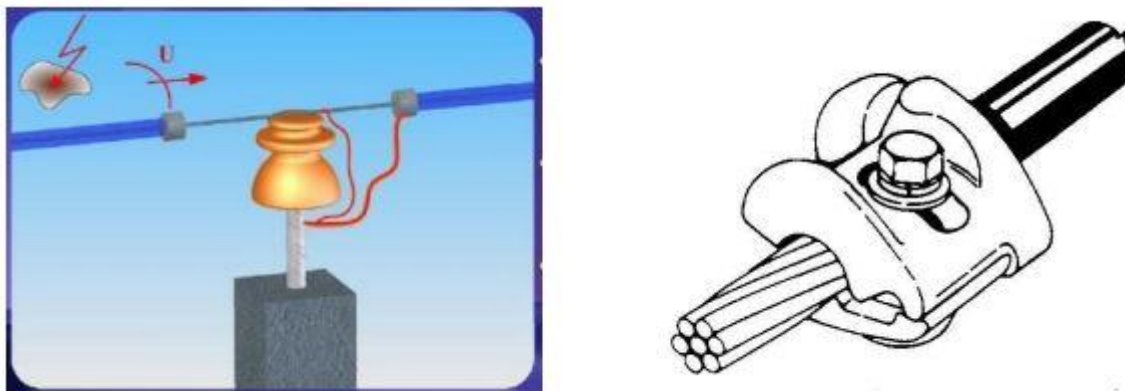


Рисунок 1 - Схема роботи дугостійких зажимів

Пристрій захищає ізольований провід від концентрації дугової енергії, що виробляється під час удару блискавки. Для того, щоб запобігти пошкодженню, необхідне встановлення пристроїв дугового захисту у відповідних місцях. Вони створюють безпечний маршрут для проходження дуги без ушкодження провідника.

Недоліком американської системи захисту є необхідність вимкнення ліній, електродинамічний удар по обладнанню, обгорання проводів за великих струмів, а також обмежений захисний ресурс дугостійких зажимів.

Фінська система грозозахисту передбачає встановлення на всі три проводи поблизу ізоляторів дугозахисних «рогів» разом зі спіральною арматурою, які повинні забезпечувати відвід від кожного з проводів палаючої дуги після грозового перекриття та сприяти переходу можливих однофазних дугових замикань, щонайменше, у двофазні к.з. Тим самим, проводи повинні захищатися від перепаду за рахунок обгорання «рогів» і за рахунок того, що гарантується гасіння дуги після вимкнення лінії (рисунок 2) [2, 3].

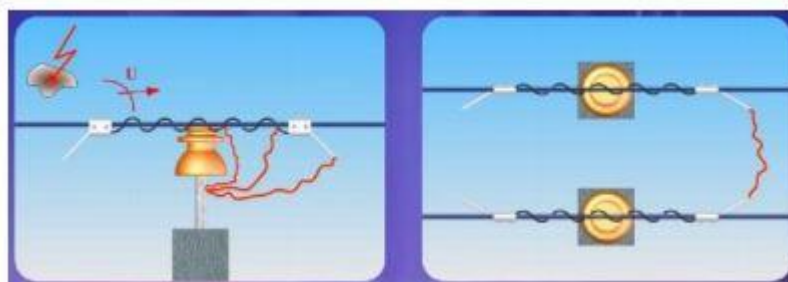


Рисунок 2 - Схема роботи дугозахисних «рогів»

Недоліками даної системи є: перепалювання проводів за горіння дуги на спіралі, електродинамічний удар по обладнанню, вимкнення ліній та обгорання роїв, що зумовлює подальшу їх заміну.

Японська система грозозахисту передбачає встановлення обмежувача перенапруг нелінійно (ОПН), розрахованих на струм блискавки 2,5 кА, паралельно кожному ізолятору ПЛ з підключенням їх до проводу через іскровий проміжок, що не тільки ефективно запобігає дуговим замиканням, а й відключає лінію під час індукованих перенапруг.

Основними недоліками даної системи є те, що за прямого розряду блискавки в провід вона пошкоджується і підлягає заміні, а також висока вартість устаткування.

В результаті аналізу систем грозозахисту ЛЕП 6 – 35 кВ з ізольованими проводами встановлено, що поряд з перевагами таких систем (менші пошкоджуваність і габарити ліній, більші надійність електропостачання споживачів і безпека тощо), їм властиві і недоліки (більша вартість ліній, необхідність застосування певної системи грозозахисту для попередження пробоїв ізоляції і перепалювання проводів силовим струмом короткого замикання тощо).

#### **Список використаних джерел.**

Блискавкозахист ПЛ різних класів напруги. URL: [http://posibnyky.vntu.edu.ua/p\\_bz/index\\_1\\_7.htm](http://posibnyky.vntu.edu.ua/p_bz/index_1_7.htm) (дата звернення 26.10.2021)

“Lightning protection of overhead lines 6–35 kV by longflash-over arresters”. URL: <https://www.slideshare.net/anti4ek/635-9468650> (дата звернення 26.10.2021)

Ліщак І. В., Бінкевич Т. В. Сучасний грозозахист розподільчих повітряних ліній 6, 10 кВ довго-іскровими розрядниками (РДІ) Вісник Національного університету. "Львів. політехніка". Львів, 2012. № 736. С. 75-80.

**Науковий керівник:** Лисенко О.В., д.т.н., професор кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВІТРЯКІВ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

*Задорожнюк А.А., e-mail:zazik1222zaz@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Планета, що переживає глобальне потепління, потребує альтернативних джерел енергії. Один з них - енергія вітру. Але так чи так уже нешкідливі і екологічні вітрогенератори?

Прихильники вітрової електроенергії постійно підкреслюють, що в порівнянні з шкідливим впливом традиційних енергоджерел вплив вітроенергетики на екологію планети мізерно. Але ризики є.

Перш за все, вітряки несуть загрозу крилатим істотам - птахам і кажанам. Деякі дослідники стверджують, що вітряки примушують деякі види птахів міняти шляхи міграції, а хто не змінює, ризикують загинути від лопатей турбін. Наприклад, в США, згідно з даними Національної академії наук цієї країни, від них гине від 20 тис. до 37 тис. птахів щорічно[1].

Особливу небезпеку вітрові турбіни представляють для птахів і кажанів. У хижих птахів, наприклад, при надзвичайній гостроті зору, є і "мертва зона": нахилиючи при пошуку видобутку голову вниз, вони не бачать того, що знаходиться прямо по курсу, і якщо птах летить в сторону вітрогенератора, зіткнення з його лопатями майже неминуче. А кажани стають жертвами вітряка, навіть з ним не стикаючись: наблизившись до нього менш ніж на 100 метрів, тварини потрапляють в зону низького тиску та гинуть від внутрішнього крововиливу, викликаного різким розширенням легких.

На півдні Іспанії, в провінції Естремадура, через помилки на етапі планування вітропаркибули побудовані на шляху міграцій величезної кількості перелітних птахів через Гібралтар. Цей факт, йдеться в доповіді іспанського відділення орнітологічної спільноти SEO BirdLife, може негативно відбитися на популяціях птахів всієї північної півкулі і загрожувати окремим рідкісним видам, таким, як іспанська королівський орел[1].

Багато експертів сходяться на думці, що правильне розташування вітропарків і технологічні вдосконалення в більшості випадків дозволять мінімізувати небезпеку вітрогенераторів для біологічного різноманіття. Досить ефективним, на їх погляд, може стати вибіркове відключення турбін в місцях масового скупчення перелітних птахів.



Рисунок 1 – Міграції величезної кількості перелітних птахів

Експерти Американського інституту вивчення природи вітру (AWWI) проаналізували випадки загибелі птахів від зіткнення з вітряними турбінами і прийшли до висновку, що зменшення швидкості обертання лопатей при низькій швидкості вітру може скоротити число смертельних випадків на 50-87% [2].

Особливість вітряних енергоустановок проявилася в тому, що вони виявилися джерелом досить інтенсивного інфразвукового шуму, що несприятливо впливає на людський організм і викликає постійний пригнічений стан, сильне безпричинне занепокоєння і життєвий дискомфорт. Як показав досвід експлуатації великого числа вітряних установок в США, цей шум не витримують ні тварини, ні птахи, залишаючи район розміщення станції, тобто території самої вітряної станції і що примикають до неї стають непридатними для життя.

Американський педіатр Ніна Пьєрпонт стверджує: близькість вітроустановок викликає у деяких людей мігрень, запаморочення, неспокій, тахікардію, тиск в вухах і нудоту, а також погіршує зір і навіть травлення. Вона навіть виявила так званий «синдром вітрогенератора» - клінічне найменування ряду симптомів, які спостерігаються у багатьох (але не у всіх) людей, що живуть поблизу промислових вітрових турбін. На думку лікаря, до проблем призводить порушення вестибулярної системи внутрішнього вуха низькочастотних шумів від турбін вітрогенераторів, простіше кажучи, інфразвуком. Інфразвук, внаслідок великої довжини хвилі, вільно обходить перешкоди і може поширюватися на великі відстані без значних втрат енергії. Тому інфразвук можна розглядати як фактор, що забруднює навколишнє середовище. Таким чином, якщо вітрогенератори призводять до вироблення інфразвуку, то вони все ж не є чистим джерелом енергії, оскільки

забруднюють навколишнє середовище. А відфільтрувати інфразвук набагато складніше, ніж звичайний звук.

Згідно з деякими дослідженнями, розгортання вітроенергетики хоча б до 33 відсотків від рівня нинішньої світової електрогенерації призведе до гірших наслідків для клімату, ніж подвоєння вмісту вуглекислого газу в атмосфері.

Як же вчені прийшли до подібних висновків? Справа в тому, що кожна вітряна турбіна створює прямо за собою «вітряну тінь» - область, в якій повітря уповільнене в порівнянні зі своєю природною швидкістю в цьому районі. Ось чому вітряки на ВЕС розставляють з істотними «зазорами»: в іншому випадку занадто близькі сусіди знизять ефективність один одного.

Нагадаємо, що саме вітер «відповідає» в світовій атмосфері за перенесення тепла з жарких, тропічних частин земної кулі в більш холодні, високі широти. Зниження їх швидкості, неминуче при обертанні вітряків, веде до падіння інтенсивності такого теплопереносу. Словом, теоретично надто бурхливий розвиток вітроенергетики може привести до зростання середніх температур влітку і їх падіння взимку. А значить, до екологічної катастрофи планетарних масштабів [3].

Проведеним аналізом виявлено, що впливання на природу існує, а саме, на птахів, якщо погано досліджувати місце установки вітряків на наявність міграції птахів, то це може призвести до катастрофи. Поки що вплив на людей та атмосферу мало досліджений і потребує в дослідженні.

#### **Список використаних джерел**

1. Подводные камни ветряной энергетики: «лопасти-убийцы» и другое. URL: <https://www.eprussia.ru/epr/311-312/8740486.htm> (дата звернення 26.10.2021)
2. Готов ли кто-нибудь жить рядом с ними? URL: <https://jumpventure.online/longridy/2019/pogovorim-o-vetroenergetike/> (дата звернення 26.10.2021)
3. Ветроэнергетика и инфразвук. Результаты финского правительственного исследования. URL: [https://elektrovesti.net/70628\\_vetroenergetika-i-infrazvuk-rezultaty-finskogo-pravitelstvennogo-issledovaniya](https://elektrovesti.net/70628_vetroenergetika-i-infrazvuk-rezultaty-finskogo-pravitelstvennogo-issledovaniya) (дата звернення 26.10.2021)

**Науковий керівник:** Лисенко О.В., д.т.н., професор кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ ВІТРОГЕНЕРАТОРА ІЗ СОНЯЧНИМИ ПАНЕЛЯМИ

*Іванова Д.В., e-mail:malt96matt@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Для балансування надходження енергії від альтернативних джерел часто виникає бажання поєднати сонячні батареї і вітрогенератор в одній системі. Кожен з них має свої переваги і недоліки, які необхідно враховувати прикомбінуванні для досягнення максимальної ефективності конструкції.

За останній час в галузі будівництва вітрогенераторів з'явилась можливість використовувати конструкцію, яку в закордонній літературі називають як AG Wind-Rotor. Коефіцієнт корисної дії (ККД) такої установки максимальний і становить 48%. Це можливо завдяки властивостям та внутрішній конструкції вітрогенератора Дар'є, який не залежить від напрямку вітру.

А також впроваджується використання гнучких сонячних батарей з напиленням напівпровідника на тонкоплівковій підкладці. Завдяки гнучкій структурі, батареї можна розмістити на будь-якій поверхні [1].

Доречним було бскомбінувати ветрогенератор, який має властивості роторів Дар'є і Савоніуса, а також сонячні батареї для вирішення проблеми тимчасового забезпечення електроенергією невеликого будинку або дачі.

У вітродвигунах системи Савоніуса, хоча ротор обертається в горизонтальній площині, протікання потоку через обмахувану поверхню, відбувається абсолютно інакше, ніж у карусельних вітродвигунів. Його лопаті відрізняється простотою і дешевизною[2]. Використання ротора Дар'єдозволяє вийти на номінальну потужність при швидкості вітру починаючи з 10 м/с, але вже при швидкості 2 м/с вітрогенератор встановлюється в початкове положення.

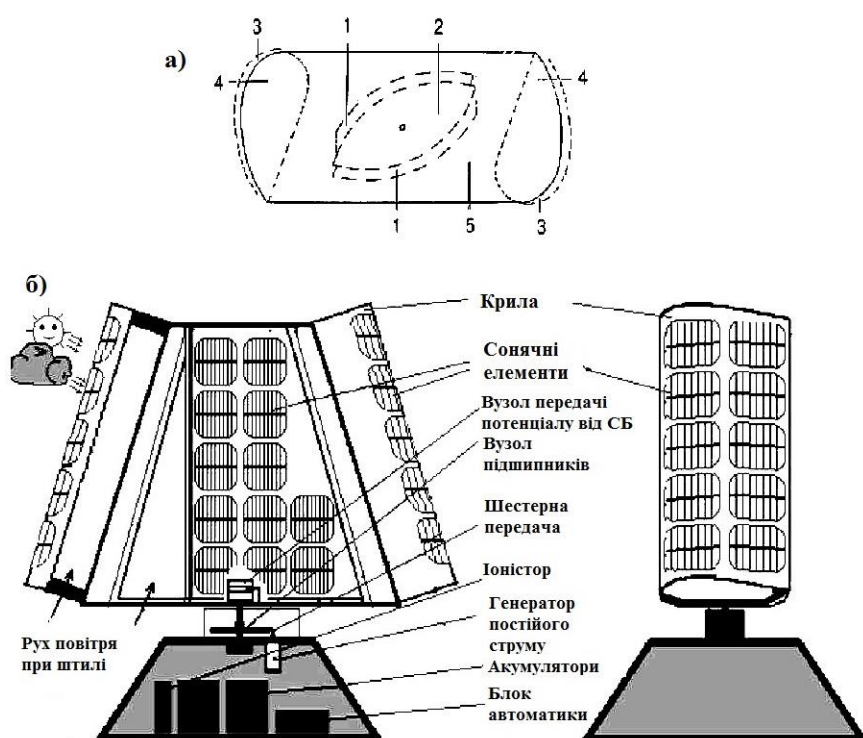
Сонячні батареї – це інший вид альтернативних джерел електроенергії, але вартість та габарити конструкції не дозволяє їх широкого використання. На сьогодні створені гнучкі плівкові сонячні елементи з аморфного кремнію, ККД яких може досягати 15%. Завдяки цьому з'явилась можливість оснастити крила безпілотних літаків і поверхні автомобілів, де елементи працюють при значних механічних деформацій.

Подібна пустотіла конструкція (рис.1.а) не дозволяє перегріватись сонячному елементу. Задня крайка крила з'єднана в нервюр зверху і знизу для створення вітрової пастки, що підвищує стартові можливості ротора. Внутрішня конструкція, що складається з двох поверхонь зміщених в протилежні сторони, подібно як в роторі Савоніуса, виконує флюгерні функції, як у варіанті AG Wind-Rotor [3]. Завдяки цьому, можливий старт при швидкості вітру менше 2 м/с.

Тіло 2 (рис.1.б) необхідно для орієнтації на вітер на початку роботи, але воно, як і інші тіла в даної конструкції мають користі площі в видимих зовнішніх

частинах. Якщо ці тіла покрити гнучкими сонячними батареями, то це дозволяє з'єднати два принципово різні пристрої. Раніше вітрогенератор та сонячні батареї використовувались незалежно один від одного або в паралельній роботі, займаючи великі території, то тепер їх об'єднана конструкція дозволяє отримати більші переваги в використанні.

Тіло 4 (рис.1.б) на бічному розрізі AG Wind-Rotor нагадує розріз крила. Завдяки тому, що кінці вітрогенератору добре закріплені зверху і знизу кришками 5, знижена вірогідність перевантажень, порівняно зі звичайним крилом. Нахил крил обумовлений потребою максимального орієнтування в напрямку сонця, а їх коливання напруги при оборотах ротора можна зменшити, рівномірно розмістивши сонячні елементи і використавши іоністори великої місткості або конденсатори.



а) конструкція подібного вітрогенератора, б) зони конструкції.

Рисунок 1 – Конструкція вітрогенератора із сонячними батареями

Однією з проблем використання будь-яких вітрогенераторів є недостатня сила вітру, особливо ця проблема актуальна для конструкцій з великою масою. В даній конструкції для полегшення старту передбачена функція автоматичного розвороту, яку надає генератор, в ролі якого виступає двигун постійного струму.

В ході аналізу було виявлено, що скомбінувати вітрогенератор і сонячні батареї для вирішення проблеми тимчасового забезпечення електроенергією можливо. На даний час працюючих установок даного типу не існує, але маються прототипи, які, можливо, в майбутньому стануть пріоритетними

джерелами електроенергії. Використання таких установок дозволить зменшити розміри електричних станцій і створить резервне джерело енергії в разі зменшення ефективності одного з джерел при зміні кліматичних умов.

#### **Список використаних джерел.**

1. Хто крутіший: Види сонячних батарей. URL: <https://sunsayenergy.com/technology/hto-krutishiy-vidi-sonyachnih-batarey> (дата звернення 27.10.2021)
2. Півняк Г., Шкрабець Ф., Нойбергер Н., Циценков Д. Основи вітроенергетики: підручник: Національний гірничий ун-т. Дніпро, 2015. 335 с.
3. Сонячний вітрогенератор «Ангел». URL: <http://ua.nauchebe.net/2012/04/sonyachnij-vitrogenerator-angel/> (дата звернення 27.10.2021)

**Науковий керівник:** Адамова С.В., асистент кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

### **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ САМОНЕСУЧИХ ІЗОЛЬОВАНИХ ПРОВОДІВ**

*Кошель Є.М., e-mail: koshel1997egor@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Самонесучі ізольовані проводи (СІП) низьких напруг застосовуються в Україні в перебігу вже декількох років. З плином часу їх конструкція, а, перш за все, матеріали, з яких вони виготовлені, постійно вдосконалювалися. Такі ізольовані дроти СІП застосовуються для будівництва та модернізації повітряних (ПЛ) ліній низької напруги і для підключення до ліній індивідуальних споживачів, приватних будівель і невеликих промислових підприємств. Що характерно, використовують СІП в мережах як з малою так і з великою напругою – від домашньої мережі 220 В до мережі у 20 кВ. Для вводу в будинки та у виробничих приміщеннях використовують самонесучі ізольовані проводи з підбором певного перерізу проводу в залежності від навантаження електроприймачів. В якості ізолюючого матеріалу такого проводу застосовується поліетилен, стійкий до ультрафіолетового випромінювання і атмосферних впливів. Провідник зроблений з алюмінію або його сплаву. У центральній частині перетину нульової жили проходить сталеве осердя, а навколо нього закручені витки алюмінієвого дроту.

Самонесуча система не містить нейтрального проводу, на якому тримається весь джгут. У неї входять від 1 до 4 однакових ізольованих провідників. До неї відноситься одиночний провід СІП 3 та скорочення в джгут СІП-4 і 5. Всі вони при натягу однаково навантажені, що створює очевидну перевагу перед іншими марками.

Рекомендується використовувати дроти з несучими нейтраліями в магістралях і відводах до споживачів. СІП-4, 5 краще підходять для створення



відгалужень до житлових будинків та при прокладанні проводів по фасадах і стінах.

Температура експлуатації - діапазон -60 ... +50 С.

Виконання для помірного і холодного клімату.

Можливість монтажу при температурі до -10 0С.

Термін експлуатації з гарантією - 5 років, а заявлений - до 40 років[1].

Перетин проводів СПП знаходиться в межах 16-150 мм<sup>2</sup>.

Для вводу будинок розрахунків по допустимій потужності в більшості випадків не потрібно, оскільки мінімального розміру вистачить із запасом. На маркуванні перша цифра визначає тип проводу, а потім вказується кількість жил і перетин,

Проводи СПП стійкі до механічних навантажень. Для розрахунку на міцність необхідно знати вагу проводу СПП, від дії якого виникає вертикальне навантаження. Крім того, на нього ще діє обмерзання і сила вітру, що діє в горизонтальному напрямку. Вагу дротів будь-якої марки можна визначити за довідковими даними.

На стовпах встановлюються кріплення для анкерів і раскатні ролики, після чого заводять канат-лідер. До нього кріплять дріт і простягають, змотуючи з котушки. На ролики зазвичай нанесений захисний шар із пластику. Провід не повинен контактувати з ґрунтом і сторонніми предметами. Створюють натяг, контролюючи його величину за допомогою приладів. Потім дріт знімають з роликів, закріплюють в прольоті і роблять стикування або відведення лінії сполучними і відгалужувальними герметичними затискачами відповідно.

Особливістю ізолюваних проводів є створення надійного електричного контакту, що робляться на затискачах. Можливе підключення під напругою: дана конструкція дозволяє провести роботи безпечно.

На опорах провід фіксується анкерним кріпленням, а при монтажі відведення на іншому кінці застосовується настінний кронштейн. Якщо відстань до будинку велика, встановлюється проміжна опора з підтримуючим затискачем[2].

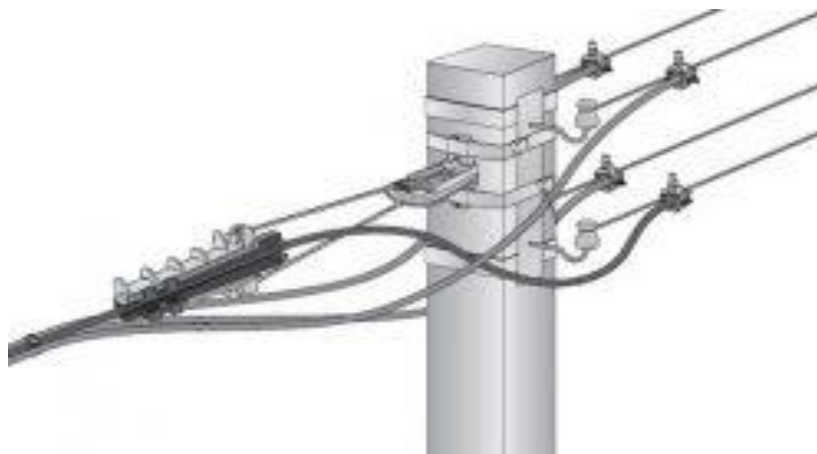


Рисунок 1 – Монтаж СПП на опорах

Технологія монтажу магістральної самонесучої лінії з проводами СИП2А або "Торсада".

Монтаж починається з розчищення траси майбутньої лінії, при цьому необхідно видалити дерева або великі гілки, що заважають установці опор, розкочуванню і регулюванню проводів. Необхідно також вжити заходів для виключення торкання проводами землі, бетонних та металевих конструкцій. Якщо лінія прокладається заново, то установку кріпильних кронштейнів до опор зручно проводити перед установкою опори. Кронштейни кріпляться до опори сталевую стрічкою и за допомогою спеціального пристосування, що дозволяє не тільки затягнути і закріпити стрічковий хомут, але і обрізати надлишки стрічки. Після закріплення кронштейнів опора встановлюється з дотриманням необхідної орієнтації та правильності розміщення та монтажу СИП. Монтаж самоутримних ізольованих проводів повинен здійснюватися відповідно до технологічних карт або за інструкціями із застосуванням спеціальної лінійної арматури, механізмів, пристроїв та інструменту при температурі не нижче 20°C.

Особливістю виконання монтажу є розкочування СИП із застосуванням розкочувальних роликів і каната-лідера. Така технологія забезпечує захист СИП від механічних пошкоджень під час виконання робіт, а також є основною з умов збереження високих експлуатаційних якостей лінії на протязі всього терміну служби.

Монтаж СИП повинен проводитися з дотриманням всіх вимог техніки безпеки та проведенням організаційно-технічних заходів, що забезпечують безпечне проведення робіт.

При перетині фазних проводів до 50 мм<sup>2</sup> на обмежених ділянках ліній до 100 м і прольотами до 50 м допускається розкочування СИП вручну без застосування розкочувальних механізмів. Цю ситуацію типову в населених пунктах ми і розглянемо.

Безаварійність роботи досягається, завдяки відмові від застосування голих проводів, які схильні до частих коротких замикань і обривів. Прокладка таких проводів не вимагає великих витрат. Наявність ізоляції створює захист від короткого замикання при зіткненні між проводами. Їх можна кріпити до стін споруд без ізоляторів. При монтажі потрібно менше опор[3].

#### **Список використаних джерел.**

1. Полное описание провода СИП - виды, сфера применения, характеристики. URL: <https://clive-group.ru/spravochnik/stati/polnoe-opisanie-provoda-sip-vidy-sfera-primeneniya-kharakteristiki/> (дата звернення 25.10.2021)
2. Монтаж провода СИП URL: <https://clive-group.ru> (дата звернення 25.10.2021)
3. Применение провода СИП. URL: <https://clive-group.ru/spravochnik/stati/polnoe-opisanie-provoda-sip-vidy-sfera-primeneniya-kharakteristiki/> (дата звернення 25.10.2021)

**Науковий керівник:** Адамова С.В., асистент кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХИСТУ ВІД КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ПРИ НАВАНТАЖЕННІ

*Жарікова А.О., annalife91@gmail.com*

*Кудінов К.С., kudinov@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

У статті розглядаються переваги використання реле напруги для захисту ланцюгів живлення постійного струму від короткого замикання в навантаженні. Доповнена оригінальна схема захисту двополусного блоку живлення і захист декількох живильних ланцюгів від короткого замикання в навантаженні.

Захист електронних пристроїв від короткого замикання в навантаженні часто виконується досить простим способом – встановленням плавких вставок-запобіжників. Даний спосіб захисту досить дешевий, але має істотних недолік – низька швидкодія через високу теплову інерцію вставок. Кращого захисту можливо досягти з використанням реле напруги.

Відомо, що в системах релейного захисту застосовуються реле напруги з фіксованими значеннями напруги харчування захищається ланцюга. Подача підвищеної напруги на систему захисту призводить до перевищення струму в котушці реле, що, в свою чергу, викликає збільшення падіння напруги на котушці реле. Дане явище викликає перегрів і передчасний знос реле і при значних перевищеннях може вивести його з ладу. У цьому випадку доводиться для різних робочих напруг використовувати різні реле, що не завжди доцільно виходячи з міркувань економічності. Аналогічним недоліком володіє схема реле напруги, зображена на рис. 1.

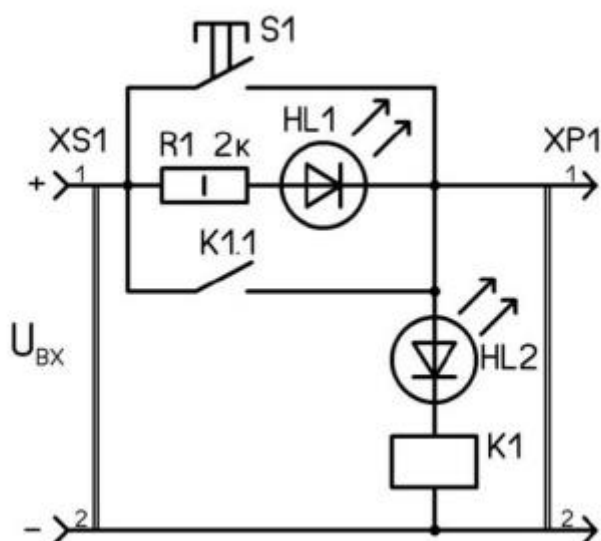


Рисунок 1 - Схема захисту від короткого замикання в навантаженні.

Захист являє собою чотирьохполюсник, що включається між блоком живлення і навантаженням. Після подачі напруги на контакти XS1 U<sub>вх</sub>, на вході пристрою з'являється напруга, але вона не надходить в навантаження. Для включення захисту потрібно короткочасно натиснути на кнопку S1 «Пуск». Це призведе до короткочасної подачі напруги на котушку реле K1. Реле включиться, його контакти K1.1 замкнуться, захист перейде в робочий режим.

Виходячи з мети, для вдосконалення і універсальності реле напруги пропонується використовувати низьковольтне реле в складі системи для захисту ланцюгів з напругою живлення, що перевищує робочу напругу реле. Для цього послідовно з котушкою реле включається додатковий опір R2, що дозволяє системі захисту працювати на одну підвищену напругу (рис. 2, а), або підвищені напруги, в залежності від обраного необхідного опору R2 перемикачем S1 (рис. 2, б).

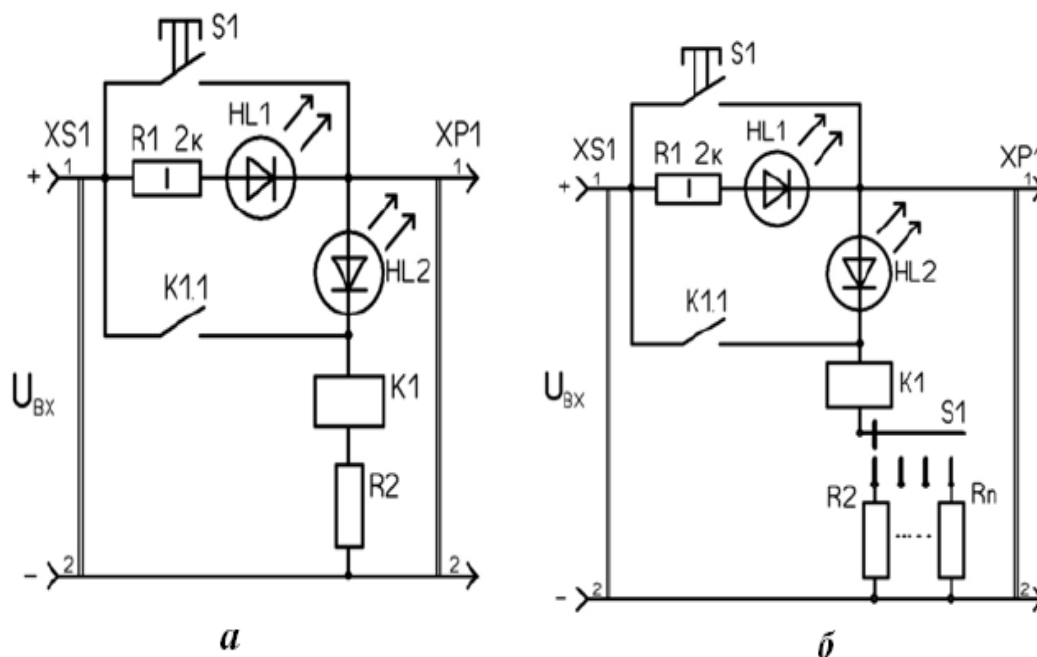


Рисунок 2 - Схема захисту від короткого замикання в навантаженні з додатковим опором: а - для підвищеної напруги; б - для використання при різних напругах.

Розрахунок додаткового опору здійснюється згідно із законом Ома для замкнутої ділянки ланцюга.

Багатоступінчасте регулювання напруги спрацьовування в системі захисту дозволяє використовувати схему для захисту в різних схемах, починаючи від низьковольтної портативної апаратури і закінчуючи захистом вторинних ланцюгів на високовольтних розподільних підстанціях.

### **Список використаних джерел.**

1. Степанов В.М., Казаков А.О. Многоканальная схема защиты от короткого замыкания в нагрузке на базе реле напряжения // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып. 12. Ч.2 Тула: Изд-во ТулГУ. 2016. С. 95-99.
2. Звуковая схемотехника для радиолюбителей / под ред. С.М. Янковского. СПб.: Наука и техника, 2003. 400 с.
3. Устройство и обслуживание вторичных цепей электроустановок. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Энергоатомиздат, 1986. 152 с.

**Науковий керівник:** Чебанов А.Б., к.т.н., доцент кафедри електроенергетики і автоматизації, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.

**УДК 620.193:621.3**

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА КОРОЗІЮ МІДНИХ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ**

*Облещенко А.Д., e-mail: [anastasiyaobl333@gmail.com](mailto:anastasiyaobl333@gmail.com)*

*Прядко К.О. e-mail: [pradkoko@gmail.com](mailto:pradkoko@gmail.com)*

*Кудінов К.С., [kudinov@gmail.com](mailto:kudinov@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

На сьогоднішній день корозія щорічно призводить до значних збитків, причому основний збиток, що заподіюється нею, полягає не тільки у втраті металу (у світі до 20% металу в рік йде саме в корозійні відходи), а й в руйнуванні дорогих виробів і обладнання. Ще більшої шкоди завдають непрямі втрати при простоях обладнання під час заміни деталей і вузлів, що підверглися корозії, та порушення технологічних процесів. Однак, високий відсоток приходиться саме на корозію електрообладнання, яке експлуатується в умовах із агресивним навколишнім середовищем, особливо, у сільському господарстві.

Тому, для захисту та запобігання від корозії електрообладнання, в тому числі і мідних контактів, що розміщується безпосередньо в приміщеннях з агресивним фізико-хімічно активним середовищем, має бути у відповідному виконанні або з покриттям, яке забезпечує захист від впливу цього середовища [1].

У США, за даними НАСЕ, збиток від корозії, включаючи витрати на боротьбу з нею, складають 3,1% ВВП (\$ 276 млрд на рік), в Німеччині - 2,8% ВВП. У межах 2-4% ВВП знаходиться цей показник і в інших розвинених країнах. При цьому втрати металу, що включають металеві конструкції, вироби, обладнання, які вийшли з ладу, складають 10-20% річного виробництва. В Україні немає офіційної статистики, яка б відображала економічні збитки від корозії, але, за деякими оцінками, вони становлять не менше 4% від ВВП [2].

Ці цифри роблять необхідним всебічне вивчення корозії, яке, в свою чергу, є основою для розробки методів боротьби з корозійними процесами. Своєчасне передбачення заходів щодо запобігання корозійного руйнування контактів та деталей електричного обладнання та електроустановок, а саме: покриття лаками і фарбами, яке вибирають в залежності від властивостей агресивного середовища. Наприклад, від соляної і сірчаної кислот добре захищають лаки на поліхлорвінілової основі. Однак поліхлорвінілові лаки є нестійкими до дії бензину, гасу, метану, бензолу і ацетону. Для захисту від цих середовищ доцільно застосовувати лаки і емалі на основі рослинних олій.

Сучасний захист металів від корозії базується на наступних методах: підвищення хімічного опору конструкційних матеріалів, ізоляція поверхні металу від агресивного середовища, зниження агресивності виробничого середовища, зниження корозії накладенням зовнішнього струму (електрохімічний захист).

Зокрема, практика експлуатації електрообладнання в умовах агресивного середовища показує, що воно схильне до передчасного руйнування в результаті швидкого окислення мідних контактів обладнання, що небажано позначається на роботі всього комплексу очищення і призводить до швидкого виходу обладнання з ладу.

Метою цієї статті є аналіз корозії мідних контактів електрообладнання та розробка рекомендацій по його експлуатації в умовах агресивного середовища, використовуючи захисні покриття і мастила для електричних контактів. При аналізі будемо використовувати дані, які наведені у [1 – 5].

Проблема корозійної стійкості конструкційних матеріалів є досить актуальною для сучасної промисловості та сільського господарства. Беручи до уваги розміри збитку від корозії і колосальне число різних металів та їх сплавів, а також корозійно-агресивних середовищ, очевидно, що проблема є досить значною. Одними з найважливіших чинників, що впливають на швидкість корозії, є вологість повітря і вміст у ньому різних домішок.

Корозія металів в електричному контакті представляє складний процес, в якому поєднуються суто хімічні взаємодії металів з навколишнім середовищем і з електрохімічними явищами, що виникають в зоні зіткнення між собою різнорідних металів. Для захисту від корозії металеві деталі електричних контактів виготовляють зі спеціальними неметалевими або з металевими антикорозійними захисними покриттями, а також застосовують інші способи захисту від корозії.

Електричні контакти в закритих електроустановках з нормальним навколишнім середовищем зазвичай виконують без спеціальних захисних покриттів. Захисними покриттями від корозії в цих умовах є плівки оксидів, що природно утворюються на поверхнях провідників, що сполучаються, в результаті впливу на них кисню повітря.

У закритих електроустановках з агресивним навколишнім середовищем в залежності від ступеня агресивності і вологості, а також в разі зовнішнього

встановлення, деталі електричних контактів покривають спеціальними неметалевими або металевими захисними плівками.

До металевих антикорозійних захисних покриттів відносяться покриття контактних поверхонь з'єднувальних деталей тонким шаром іншого металу, наприклад кадмію, міді, нікелю, олова, срібла, хрому, цинку та ін. Нанесення металевих захисних покриттів здійснюють гальванічним, металізаційні або гарячим способами.

До неметалевих антикорозійних захисних покриттів відносяться тонкі плівки окислів на поверхнях сполучних деталей, утворені на них штучно, шляхом хімічного впливу на метали різних хімічних реактивів. Створення таких плівок здійснюють способом пасивування, оксидування і воронення.

Попереднє очищення контактних поверхонь і деталей здійснюють в залежності від ступеня забруднення і виробничих можливостей способами механічної, хімічної або електрохімічної обробки.

Практика експлуатації електрообладнання в цехах із фізико- та хімічно активним середовищем, у сільськогосподарських угіддях та на фермах показує, що воно схильне до передчасного руйнування в результаті швидкого окислення мідних контактів обладнання, що небажано позначається на роботі всього комплексу очищення і призводить до швидкого виходу обладнання з ладу. Причиною цієї проблеми може служити агресивне середовище, в якій відбувається експлуатація даного обладнання. Дослідними шляхами встановлено, що в складі продуктів корозії містяться компоненти, що вчиняють шкоду мідним контактам (таблиця 1).

Таблиця 1 – Компоненти, що містяться в складі продуктів корозії

Назва компоненту	Температура розкладення, °С
сульфід міді (II) CuS	> 450
сульфід міді (I) Cu <sub>2</sub> S	1129
оксид міді (II) CuO	> 800
оксид міді (I) Cu <sub>2</sub> O	1242
хлорид міді (II) CuCl <sub>2</sub>	596
хлорид міді (I) CuCl	1212

При експлуатації електрообладнання в агресивному середовищі, атмосфера, в якій вона відбувається, містить аміак, сірководень (дігідросульфід), хлор, хлороводень (гідрохлорид), діоксид сірки, які відносяться до числа корозійно-активних газів і значно впливають на швидкість атмосферної корозії міді. Перераховані гази, потрапляючи в плівку вологи на поверхні металу, збільшують її електропровідність і гігроскопічність продуктів корозії.

В атмосферних умовах на відміну від багатьох інших металів мідь не піддається корозії, так як на її поверхні утворюється тонкий рівний шар

(плівка) продуктів корозії, що не містить ніяких агресивних сполук, здатних при будь-яких умовах руйнувати метал. Корозія міді в атмосферних умовах - процес мимовільно затухаючий, так як продукти корозії захищають поверхню металу від зовнішнього середовища. Але мідь стає нестійкою в таких середовищах:

сірка, сірководень, деякі інші сполуки сірки;

окислювальні кислоти, аеровані неокислювальних (також вугільних), та гарячий, холодний концентрат  $H_2SO_4$ ;

розчини окислювальних солей важких металів ( $Fe_2(SO_4)_3$ ,  $FeCl_3$ );

аеровані води, агресивні води (з низьким вмістом іонів магнію, кальцію, високим - кисню, вуглекислого газу);

аміни,  $NH_4OH$  (що містить кисень).

Для запобігання корозійного руйнування мідних контактів електрообладнання можуть бути проведені наступні заходи:

- значне зменшення ступеня агресивності середовища, експлуатуючи електрообладнання тільки за умови роботи відповідного вентиляційного устаткування, підбраного з урахуванням складу атмосфери робочої зони;

- проведення технічних заходів, спрямованих на повну герметизацію мідних та інших контактів, що піддаються корозії, від впливу агресивного середовища;

- проведення технічних заходів, спрямованих на підвищення антикорозійних властивостей контактів шляхом нанесення металевих захисних плівок або неметалевих лакових покриттів, які відповідають наступним вимогам: низька вологопроникність, високі механічні характеристики, висока і стабільна в часі адгезія покриття до металу, стійкість до катодного відшарування, хороші діелектричні характеристики, стійкість покриття до теплового старіння.

Таким чином, в атмосферних умовах мідь відрізняється високою корозійною стійкістю: на сухому повітрі поверхня міді практично не змінюється, а при контакті з вологим повітрям утворюється тонка захисна плівка, що складається з оксидів міді. У воді і нейтральних розчинах солей мідь володіє також достатню стійкість, яка помітно знижується при доступі кисню і окислювачів. Тому, доцільним є передбачення корозії мідних контактів електрообладнання, яке експлуатується в умовах агресивного середовища в цілях збереження їх цілісності і зменшення витрат на зачистку та ремонт.

#### **Список використаних джерел.**

1. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов. – М., 1959.
2. Зайцева Л.Г., Головки Л.И., Румянцев Л.Ю. Применение полиуретановой эмали УР – 7115 для антикоррозионной защиты оборудования предприятий пищевой промышленности // Лакокрасочные материалы и их применение. – 1995. – № 3. – С. 23–27.
3. Ивановский В.Н. Теоретические основы процесса коррозии нефтепромыслового оборудования // Инженерная практика. – 2010. – № 6. – С. 4-14.



4. СНиП 2.03.11 – 85. Защита строительных конструкций от коррозии.
5. Чупрова Л.В., Ершова О.В., Муллина Э.Р. Химико-технологические аспекты проблемы окисления медных контактов электрооборудования, эксплуатируемого в цехах очистки воды // Молодой ученый. – 2013. – № 9. – С.77– 80.

**Науковий керівник:** Чебанов А.Б., к.т.н., доцент кафедри «Електроенергетики і автоматизації», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ІЗОЛЯЦІЇ 6-10 КВ ЗА ДОПОМОГОЮ ТРАНСФОРМАТОРІВ НАПРУГИ**

*Бурак О.Ю. kardinal626@ukr.net*

*Кудінов К.С., kudinov@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Трансформатори напруги (ТН) в електричних мережах 6-10 кВ забезпечують безпеку вимірювань, живлення засобів обліку електроенергії, контроль ізоляції обладнання, живлення оперативних ланцюгів, ланцюгів сигналізації, автоматики і релейного захисту. Більшість розрахункових лічильників змонтовано на приєднання до 6-10 кВ ліній. Тому для забезпечення надійності і точності роботи до ТН 6-10 кВ пред'являються підвищені вимоги. В першу чергу це відноситься до ТН контролю ізоляції (ТНКІ), які, крім всіх перерахованих функцій, повинні забезпечувати захист від пошкоджень при ферорезонансних процесах. Виконання всіх цих вимог веде до збільшення габаритів ТНКІ і до складнощів компоновки. Надія на підвищення точності обліку енергії за рахунок застосування електронних лічильників [1] та автоматизованих вимірювальних систем не виправдалася через високі систематичні похибки. Певною мірою це стосується ТНКІ, умовою роботи яких є заземлення нейтралі обмотки ВН. Зняття заземлення усунуло б основну причину їх пошкодження (протікання значних струмів через обмотки ВН на землю) і зменшило похибки.

Ферорезонанс припинявся після включення однієї з ліній електропередачі, хоча згідно з методом, для припинення ферорезонансу див. рис.1 [2], досить було шунтувати вторинну обмотку трансформатора нульової послідовності ТН.

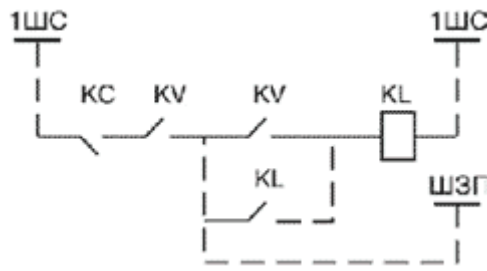


Рисунок 1-Автоматична схема оперативних кіл захисту від ферорезонансних процесів

Протягом тривалого часу розроблялися пристрої захисту, багатьох з яких були неефективні. Так, застосування ТНКІ, обмежено через суттєві недоліки: часті пошкодження при ферорезонансних явищах в електричній мережі. Включення резисторів в ланцюг розімкнутого трикутника  $R=250$  Ом або нульовий вивід обмотки ВН резисторів  $R < 10$  кОм не

забезпечує його захист від пошкодження. Постійне включення нульовий вивід ВН як активних, так і індуктивних опорів більше

10 кОм забезпечує його захист, але в цьому випадку збільшується похибка вимірювання пропорційна збільшенню значення опору;

При однофазному замиканні на землю мережах 6-10 кВ, обмотка ВН шунтується йогою схемою з'єднання стасаналогічною схемою відкритого трикутника див. рис.2. Відомо, що в цьому випадку при підключенні навантаження

до виводів фаз А і С В

обмотках ВН виникають неприпустимі похибки. Це відноситься до двох трансформаторів на пруги, включеним по схемі відкритого трикутника.

Маломінімальна потужність трансформатора дозволяє підключити не більше чотирьох приєднань 6-10 кВ, де використовуються індукційні лічильники.

У трансформаторах серії НАМИ 6-10-35 кВ і НАМИ-10/6-95 в якості індуктивного елемента також використовується трансформатор нульової послідовності, в якого додаткова вторинна обмотка розташована на стрижні трансформатора нульової послідовності. На трьох стрижнях першого трансформатора розміщена компенсаційна обмотка, з'єднана в замкнутий трикутник без зовнішніх виводів. Ці відхилення від схеми знижують ефективність ТНКІ, а також визначають збільшення похибок як в нормальному режимі, так і в режимі однофазного замикання.

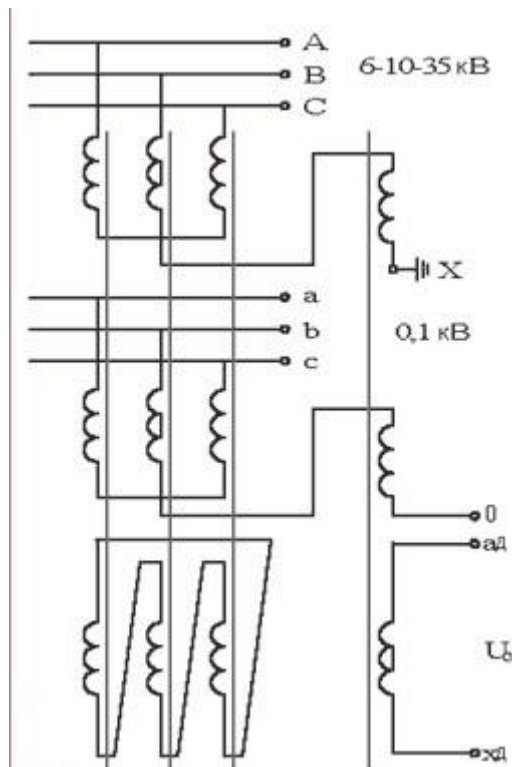


Рисунок 2 -Принципова електрична схема з'єднання обмоток ТН 6-10 кВ

Трансформатори НАМИ-6-10-35кВ і НАМИ-10/6-95, треба відзначити, що у них струм компенсаційної обмотки, з'єднаної в замкнутий трикутник, робить істотний вплив на збільшення його похибок у всіх випадках появи напружене балансу цієї обмотки. Відсутність виводів вторинної обмотки замкнутого трикутника не дозволяє оцінити її технічний стан в процесі експлуатації, визначити опір ізоляції, опір обмоток постійному струму, перевірити відсутність виткових коротких замикань і обриву ланцюга обмоток. Це порушенням «Норм випробування електрообладнання». Наприклад, відсутня можливість виявлення виткового замикання в процесі налагодження експлуатаційних перевірок, що збільшує ризик загоряння трансформатора напружені.

**Список використаних джерел.**

1. Є.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, В.О. Яцук, В.М. Ванько, Т.Г. Бойко. Метрологія та вимірювальна техніка: Львівської політехніки, 2012. 544 с.
2. Шаповаленко О.Г., Бондар В.М. Основи електричних вимірювань: К.: Либідь, 2002. 320 с.

**Науковий керівник:** Чебанов А.Б., доцент кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ОБРОБКА ТРАНСФОРМАТОРНОГО МАСЛА У ВАКУУМНИХ УСТАНОВКАХ

Глазирін І.М., [glazirinivan@ukr.net](mailto:glazirinivan@ukr.net)

Кудінов К.С., [kudinov@gmail.com](mailto:kudinov@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Експлуатація трансформаторного масла може супроводжуватися надходженням вологи в масло з навколишнього середовища і її появи в результаті окислювальних процесів. У результаті цього в масла погіршуються діелектричні властивості, збільшується вміст вологи. Тобто масло перестає відповідати необхідними нормам, що підвищує ймовірність поломки і порушує нормальну роботу обладнання.

Сушка дозволяє привести вологовміст і пробивну напругу трансформаторного масла у відповідність з нормами [1].

Для обробки трансформаторного масла в вакуумних установках можна використовувати установку УВМ-1. Установка призначена для видалення з масла розчиненої вологи і газу і забезпечує осушку масла до залишкового вмісту вологи не більше 0,001% маси (10 г/т) і дегазацію його до залишкового газовмісту не більше 0,1% обсягу.

Основним робочим елементом установки є двоступеневий дегазатор. Він являє собою розділену на дві частини (ступені) герметичну металеву ємність, всередині якої в підвісних корзинах розташовані спеціальні насадки, призначений для збільшення поверхні вакууму оброблюваного масла. В якості насадки застосовані циліндричні кільця Рашига, що володіють великою поверхнею на одиницю об'єму і надають мале опір потоку масла.

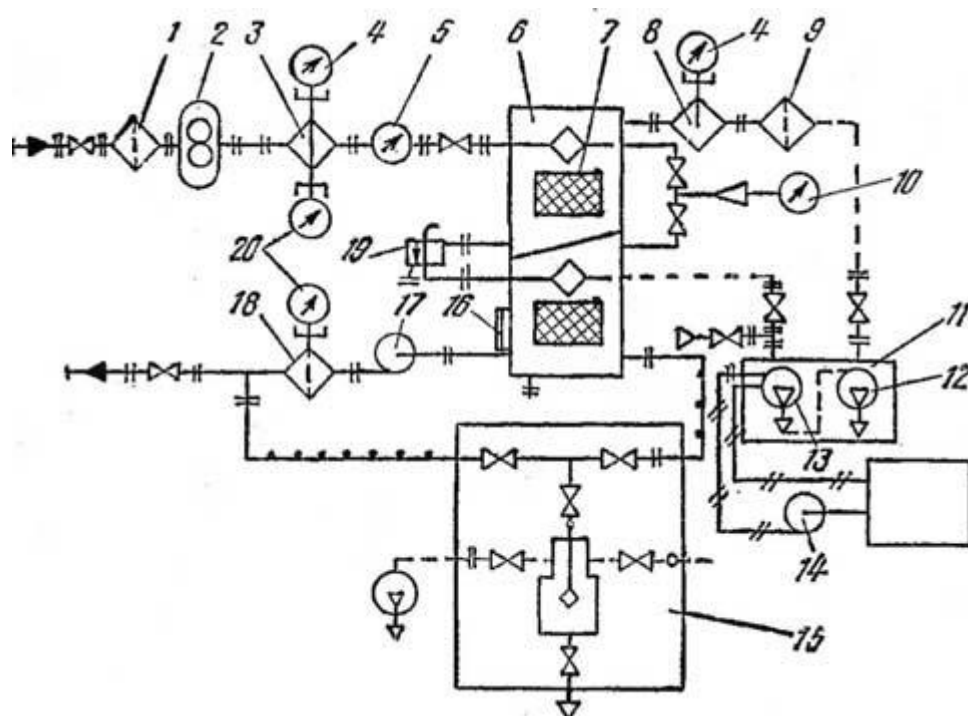
Включення установки в роботу проводиться таким чином. Закривають вхідний і вихідний вентиля установки і включають вакуум-насос. Після досягнення в дегазатор залишкового тиску не більше 650 Па плавно відкривають на  $\frac{1}{4}$  обороту вхідний ventиль і включають вхідний маслонасос. Після заповнення установки маслом і появи тиску масла у вхідному мастилопроводі включають маслонагрівач. Коли масло в порожнині другого ступеня дегазатор досягне, контрольної позначки, відкривають вихідний ventиль і включають вихідний маслонасос. За допомогою вентилів на мастилопроводі і вакуум-проводі проводять настройку роботи установки на необхідний режим.

Сире масло подається маслонасосом в установку через сітчастий фільтр грубої очистки, підігрівається в нагрівачі до температури 50-60 °С, надходить в порожнину першого ступеня (дегазатор), розподіляється і під дією власної маси тонким шаром стікає вниз по поверхні кільця Рашига. Одночасно надмасляний простір порожнини першого ступеня вакуумується вакуум-насосом типу ВН-1МГ агрегату типу АВМ-150, забезпечуючи при цьому підтримку залишкового тиску в порожнині в межах від 277 до 650 Па

Відкачування пари, що виділяється з вологи і газу здійснюється через встановлені у вакуум цеолітовий патрон і повітряний фільтр. Цеолітовий патрон призначений для поглинання водяної пари парогазової суміші і розрахований для осушування 100 т трансформаторного масла. Після цього потрібно сушка цеоліту в патроні. Повітряний фільтр служить для захисту вакуум-насоса від цеолітової пилу, що утворюється при сушінні цеолітів.

У процесі роботи установки здійснюють контроль за розпиленням і проходженням масла в порожнинах дегазатора через оглядові вікна і рівнем масла в порожнині другого ступеня дегазатора по маслопоказчику, за залишковим тиском в дегазаторі, температурою масла і продуктивністю установки за наявними в установці приладів.

На рисунку 1 показана принципова схема вакуумної установки для обробки трансформаторного масла типу УВМ-1.[2]



1 - фільтр грубого очищення; 2 - вхідний маслонасос типу РЗ; 3 - маслонагрівач; 4 - прилад контролю температури; 5 - лічильник об'ємний; 6 - дегазатор; 7 - корзина з кільцями Рашига; 8 - цеолітовий патрон; 9 - повітряний фільтр; 10 - прилад вимірювання залишкового тиску в дегазатор; 11 - вакуумний агрегат типу АВМ-150; 12 - основний вакуум-насос типу ВН-1 мг; 13 - вакуум-насос типу ДВН-150; 14 - водяний насос; 15 - адсорбціометр; 16 - масло показчик порожнини другого ступеня; 17 - масло насос типу ЕЦТ 100/8; 18 - фільтр тонкого очищення; 19 - гідрозатвор; 20- прилад контролю тиску масла

Рисунок 1 - Принципова схема вакуумної установки типу УВМ-1

У станок обладнана приладами контролю тиску в маслопідігрівачі, залишкового тиску в дегазатор, температури нагріву і кількості проходження масла і газовмісту масла.

Електрична схема управління роботою установки УВМ-1 забезпечує автоматичне підтримання необхідної температури нагріву масла. Схема передбачає автоматичне відключення маслонагрівача при припиненні подачі масла в установку, а також відключення підігрівача цеолітового патрона при відсутності вакууму в системі, світлову сигналізацію для контролю за роботою установки в робочому режимі і при налагодженні.

Сушка і дегазація дуже важливі для підтримки надійної роботи трансформаторів в процесі експлуатації. Очищення трансформаторного масла необхідно проводити щорічно. Дегазацію, сушку і регенерацію - кожні 5 років. В іншому випадку охолоджуюча здатність і плинність його можуть критично знизитися, що призведе до необхідності ремонту трансформатора цілком.

#### **Список використаних джерел.**

Бурьянов Б.П. Трансформаторное масло: ГОСЭНЕРГИЗДАТ, 1955. 191с.

Липштейн Р.А., Шахнович М.И. Трансформаторное масло: Энергоатомиздат 1983.

296с.

**Науковий керівник:** Чебанов А.Б., к.т.н., доцент кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ОБРОБКА МАСЛА ФІЛЬТРУВАННЯМ**

*Нікульча М.В., [nikolaynikulcea2017.77@gmail.com](mailto:nikolaynikulcea2017.77@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Трансформаторні масла - мінеральні масла високої чистоти і низькою в'язкості. Використовуються для заливки силових і вимірювальних трансформаторів, реакторного обладнання, а також масляних вимикачів. Призначено для ізоляції знаходяться під напругою частин і вузлів силового трансформатора, відведення тепла від нагріваються при роботі трансформатора частин, а також запобігання ізоляції від зволоження [1].

У сучасному трансформаторному обладнанні масло працює в досить жорстких умовах: висока напруженість електричного поля, висока температура і ін. В процесі експлуатації трансформаторні масла піддаються термохімічну і електричному старіння, що призводить до зниження їх експлуатаційних характеристик.

Очищення потрібно для того, щоб привести в придатний стан забруднену олію. Якщо воно проведено якісно, масло відновлює свої параметри і властивості, стає прозорим, без вмісту різних домішок. Якщо масло істотно не змінило своїх властивостей, то використовують тільки метод механічного очищення.

При очищенні трансформаторного масла його склад відновлюється за допомогою різних операцій. Завдяки цій процедурі з продукту витягують все з'єднання, воду, кислоти і бруд.

Ретельне очищення трансформаторного масла дозволяє повернути йому характеристики базового.

Обробка масла фільтруванням полягає в пропущенні його через пористі перегородки (фільтруючі елементи), на яких затримуються наявні в ньому домішки. Найбільш широке поширення для обробки масла фільтруванням отримали пересувні рамні фільтр-преси.

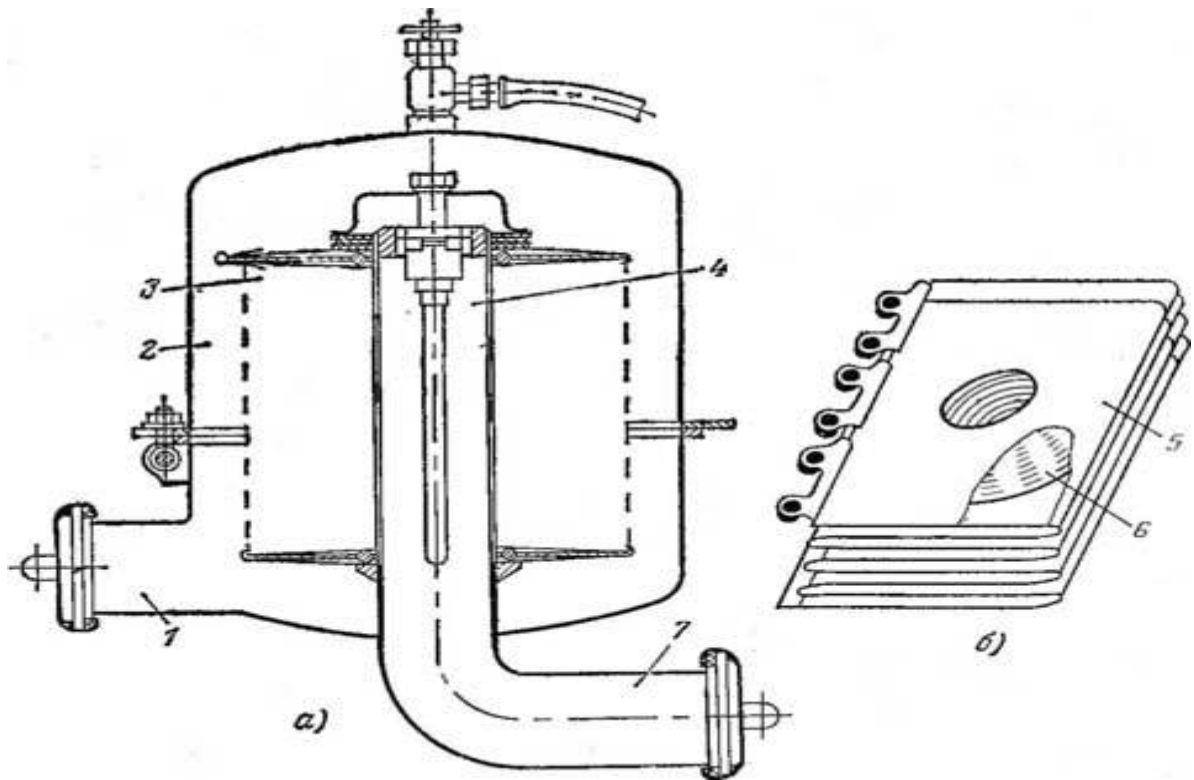
Конструктивно фільтр-прес являє собою набір встановлених на станині рам і плит, між якими закладають фільтруючий матеріал. Після складання їх стягують ручним затиском. У плитах і рамах є отвори, що утворюють після складання канали для проходу масла. Масло через фільтруючий матеріал продавлюють маслонуосом. Контроль за роботою виробляють по манометру, що вимірює тиск масла в фільтр-пресі.

В якості фільтруючого елемента найбільш широке поширення отримав фільтрувальний картон (ГОСТ 6722-75). У фільтр-пресах можна застосовувати і інші види фільтруючих елементів, наприклад сувору тканину з бавовняної крученої пряжі (ГОСТ 504-68), фільтрувальну капронову тканину ФК і ін. Фільтрувальний капрон не повинен допускати відриву волокон при роботі фільтр-преса, забруднюючих очищене масло.

Конструкція фільтр-преса має такі недоліки: контакт з навколишнім повітрям (негерметична конструкція), мала продуктивність, часта заміна фільтруючого елемента.

Останнім часом для очищення від механічних домішок масел, призначених для заливки в потужні високовольтні трансформатори, застосовують фільтри герметичній конструкції типу ФГН-30 і ФГН-60, які випускаються промисловістю для очищення рідкого палива.

Пристрій і принцип роботи фільтра типу ФГН пояснює рисунок 1, а, б. Фільтр ФГН є вертикальний циліндричний посудину, рознімати в нижній частині. На центральній трубі, сполученої з вихідним патрубком, змонтовані фільтраційні пакети. Фільтраційний пакет складається з фільтраційного чохла і набору металевих дисків. Чохол виготовлений з нетканого матеріалу. Диски всередині чохла розташовані, як показано на рисунку 1, б [2].



а - пристрій фільтра; б - фільтруючий пакет; 1 - вхідний патрубок; 2 - корпус; 3 - фільтруючий пакет; 4 - центральна труба; 5 - чохол; 6 - алюмінієвий диск; 7 - вихідний патрубок.

Рисунок 1 - Схема пристрою фільтра типу ФГН

Для контролю за тиском на фільтрі встановлено диференційний манометр, який вказує надлишковий тиск рідини (до і після фільтра), а також різниця тисків між ними (перепад тиску). На приєднувальних патрубках диференціального манометра є маркування для правильного його приєднання до фільтру.

Фільтрація масла у фільтрі відбувається наступним чином: заповнюючи внутрішню порожнину фільтра, масло, проходячи під тиском через чохол, очищається і потрапляє в канавки алюмінієвого диска, звідки по радіальних пазах і через отвори в центральному кільцевому виступі диска спрямовується в пази центральної труби і далі в вихлопної патрубок.

Фільтрація і зневоднення дозволяють підвищити пробивну напруги і поліпшити показник діелектричних втрат трансформаторного масла, а також збільшується його термін служби.

#### **Список використаних джерел.**

Михеев Г.М. Трансформаторное масло: учебное пособие. Чебоксары: Энергоатомиздат, 2003. 121с.

Алиев И.И. Электрические машины: Москва: РадиоСофт, 2011. 448с.

**Науковий керівник:** Адамова С.В., асистент кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного



## ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ЗИСКИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ЩОГЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРНИХ ПІДСТАНЦІЙ

Удовиченко К.О., [kostyan1210@gmail.com](mailto:kostyan1210@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Ми часто чуємо про великі втрати електроенергії, які супроводжуються чималими збитками для підприємств-постачальників електричної енергії в підрозділах Запоріжжяобленерго та схожих за специфікою, оскільки саме на такі підприємства накладають відповідальність за втрати електричної енергії, зокрема до проблеми втрат електроенергії можна віднести те, що більшість комплектних трансформаторних підстанцій є застарілими та не використовуються на повну потужність.

Аналіз закритих джерел показав, що більшість трансформаторних підстанцій, зокрема на невеликих підприємствах для яких вони встановлювались за часів СРСР з огляду на можливість укрупнення мережі, по факту не використовуються у відповідності до своєї номінальної потужності та постійно нарощують витрати від втрат холостого ходу. Окрім цього, за землі, на яких розташовані трансформаторні підстанції потрібно постійно сплачувати податки, що тягне за собою чималі грошові видатки.

Використання щоглових трансформаторних підстанцій (далі ЩТП) вирішить одразу 2 насущні проблеми:

Уникнення видатків для податків на землю під окремі підстанції;

Зменшення втрат холостого ходу.

Більша частина трансформаторних підстанцій, що використовуються в споживчих електричних мережах 0,4 кВ встановлювались з огляду на укрупнення мережі, внаслідок чого їх заявлена номінальна потужність часом буває значно завищена від фактично споживаної.

Розглянемо можливість заміни великогабаритного ТМ-100, що є на балансі підприємства та не використовується в повну потужність, на нову меншу ЩТП, яка задовольнятиме умови роботи підприємства та виконаємо розрахунок номінальної потужності[1].

Згідно з переліком струмоприймачів підприємства максимальна потужність становить 23 кВт, з урахуванням коефіцієнта одночасності  $K_0=0,8$ , при середньому значенні коефіцієнту потужності  $\cos \varphi_{сер} = 0,8$ , звідки  $\tan \varphi_{сер} = 0,75$ .

Використовуючи коефіцієнт одночасності  $K_0$  та сумарну потужність  $\Sigma P_{ном}$  струмоприймачів виконаємо обчислення величини встановленої активної потужності пропонованого трансформатора:

$$P_{вст} = K_0 \cdot \Sigma P_{ном}, \quad (1)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт одночасності роботи електроприладів на підприємстві;

$\Sigma P_{\text{ном}}$  – номінальна потужність електроприладів підприємства.

$$P_{\text{вст}} = 0,8 \cdot 23 = 18,4 \text{ кВт.}$$

Виконаємо обчислення величини встановленої реактивної потужності пропонованого трансформатора:

$$Q = P_{\text{вст}} \cdot \text{tg } \varphi_{\text{сер}}, \quad (2)$$

де  $P_{\text{вст}}$  – встановлена потужність;  
 $\text{tg } \varphi_{\text{сер}}$  – тангенс кута зсуву фаз.

$$Q = 18,4 \cdot 0,75 = 13,8 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Відповідно до отриманих результатів розрахунку обчислимо величину повної потужності пропонованого трансформатора  $S$  за формулою:

$$S = \sqrt{P_{\text{вст}}^2 + Q^2}, \quad (3)$$

де  $P_{\text{вст}}$  – встановлена потужність;  
 $Q$  - реактивна потужність.

$$S = \sqrt{18,4^2 + 13,8^2} = 23 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

З огляду на виконаний вище розрахунок пропонується обрати ЩТП з трансформатором типу ТСЗ-25, номінальна потужність якого 25 кВ А, що задовольняє умови роботи підприємства, при цьому:

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика трансформаторів

Тип трансформатора	Клас напруги, кВ	Потужність, кВ·А	Напруга к.з. при 75 °С	Втрати, Вт		Маса масла, кг	Загальна маса, кг
				х. х	к.з. при 75°С		
ТМ-100	6;10	100	4,5	330	1970	256	690
ТСЗ-25	6;10	25	3,5	160	700	0	365

Згідно даних[2], втрати холостого ходу ТМ-100 6;10 становлять 330 Вт, а короткого замикання 1970 Вт. Згідно даних, що є у вільному доступі[3], втрати холостого ходу ТСЗ-25 6;10 складають 160 Вт, а короткого замикання 700 Вт. Також, виконавши розрахунок, повна потужність, яку використовує підприємство, складає 23,06 кВ·А, а ТМ-100 розрахований на 100 кВ·А, тобто використовується лише 1/4 від розрахованої потужності трансформатора, що також впливає на втрати електричної енергії.

Однак ЩТП мають певні особливості, а саме:  
кількість встановлюваних трансформаторів - 1;  
найбільша допустима напруга - 35 кВ;  
найбільша потужність трансформатора - 100 кВА;  
конструкція сходів для підйому на майданчик - складувальна, у складеному положенні примикає до стовпа, замикається.

В разі заміни великогабаритних трансформаторних підстанцій старого зразка на щоглові трансформаторні підстанції дозволить суттєво економити на орендній платі за землю, на яких вони розташовані та звільнити місце під забудову інших споруд, а також в перспективі заміни більшості КТП старого зразка можливі відчутні скорочення втрат електричної мережі.

#### **Список використаних джерел**

Мачтовые трансформаторные подстанции. Школа для электрика: веб-сайт. URL: <http://electricalschool.info/main/electromontag/1965-machtovye-transformatornye-podstancii.html>. (дата звернення 28.10.2021).

ТМ-100 трансформатор силовой. ЧЕБ-трансформатор: веб-сайт. URL: <https://cheb-transformator.com/catalog/tm100>. (дата звернення 28.10.2021).

ТСЗ-25 трансформатор силовой. ЧЕБ-трансформатор: веб-сайт. URL: <https://cheb-transformator.com/catalog/tsz25>. (дата звернення 28.10.2021).

**Науковий керівник:** Адамова С.В., асистент кафедри «ЕіА», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **КАЛІБРУВАННЯ ПЛАВКИХ ВСТАВОК ЗАПОБІЖНИКІВ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ ЇХ СПРАЦЬОВУВАННЯ**

*Шквиря В.В., [greejin2011@gmail.com](mailto:greejin2011@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

На сьогоднішній день, на підприємствах, застосовуються запобіжники, які в конструкції мають плавкі вставки, що використовуються для захисту електроустановок і кабельних ліній від перевантаження і коротких замикань. Автоматичні вимикачі є альтернативою запобіжникам і мають низку переваг, але крім ціни, тому ще продовжується використання запобіжників в промисловості і сільському господарстві. Захист електрообладнання плавкими вставками є одноразовим і при перегоранні плавкої вставки потребує заміни на калібровану, так як ПУЕ забороняє використання так званих «жучків» [1]. Тому на підприємствах виникає потреба в швидкій і дешевій заміні плавких вставок. Для цих потреб є доречним стенд для калібрування плавких вставок.

Під час вибору дроту для плавкої вставки запобіжника, а саме калібруванні мідного дроту для плавких вставок запобіжників слід виходити з таких вимог ДСТУ:

1. При струмі  $I_{\max} = (1,62 \dots 2,1)$  Іпл.вст. плавка вставка повинна згоряти протягом 1 ... 2 год;

2. При струмі  $I_{\min} = (1,25 \dots 1,5)$  Іпл.вст. плавка вставка не повинна згоряти.

Пропонується розглянути стенд для випробування автоматичних вимикачів і запобіжників принципова схема якого приведена на рисунку 1[2].

Живлення стенду здійснюється від мережі змінного струму 220 В (вхід X1).

Для захисту силових і допоміжних кіл від короткого замикання передбачені запобіжники F1 і F2. Включення силового і допоміжного кіл здійснюється за допомогою магнітного пускача КМ. При натисканні кнопки "Пуск" магнітного пускача напруга 220 В подається на автотрансформатор АТ в силовому ланцюзі, трансформатор Т2 в ланцюзі сигналізації, а також на електросекундомір РТ.

Автотрансформатор АТ служить для регулювання струму і напруги, що подається на первинну обмотку трансформатора Т1.

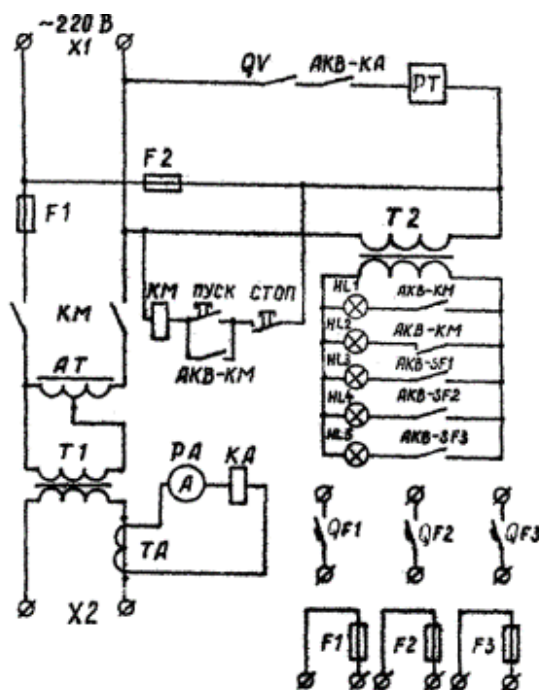


Рисунок 1 - Принципова схема стенду для випробування автоматичних вимикачів і запобіжників

Основні функції трансформатора Т1: Гальванічне роз'єднання вхідного і вихідного ланцюгів, зниження вихідної напруги і отримання можливості мати у вторинному ланцюзі трансформатора значні струми (до 100 А).

У вторинну обмотку трансформатора струму ТА послідовно включений амперметр РА, необхідний для контролю струму і реле струму КА, який своїми контактами АКВ-КА в ланцюзі електросекундоміра РТ вимикає останній при зникненні струму в силовому ланцюзі.

Трансформатор Т2 служить для отримання потрібної напруги для живлення ланцюга сигналізації. У ланцюг сигналізації включені сигнальні лампочки HL1 і HL2, що включаються відповідними контактами магнітного пускача АКВ-КМ, і сигналізують про включення пускача; сигнальні лампочки HL3, HL4, HL5 сигналізують про включення відповідного автомата.

На стенді розміщені три автоматичних вимикача різних типів QF1, QF2, QF3 і три запобіжники різних типів F1, F2, F3, які включаються в силовий ланцюг для відповідного дослідження окремими провідниками. При проведенні досліду заряджають патрон запобіжника дротом. Заряджений патрон встановлюють на стенд і підключають до клем Х2. Відключають тумблером QV електросекундомір РТ і встановлюють його в нульове положення. Обертанням ручки автотрансформатора АТ встановлюють потрібну величину струму, яка контролюється за допомогою амперметра РА. Встановивши потрібну величину струму за допомогою кнопки "Стоп", вимикають магнітний пускач КМ. Знімають перемичку з клем Х2 і тумблером QV включають електросекундомір. Виключають магнітний пускач. При цьому починає працювати електросекундомір РТ. Величину струму контролюють за допомогою амперметра РА. Після згоряння дроту електросекундомір автоматично вимикається. Кнопкою "Стоп" вимикають магнітний пускач. Величина струму і свідчення електросекундоміра заносяться в журнал. Потім проводяться досліди для інших значень струму. Будується залежність  $t_{\text{перег}} = f(I)$ . За допомогою отриманої залежності  $t_{\text{перег}} = f(I)$  для часу  $t = 10\text{с}$  знаходять  $I_{10}$ .

Номінальний струм плавкої вставки визначається:

$$I_{\text{н.пл.вст.}}^{\text{нр}} = \frac{I_{10}}{2,5} \quad (1)$$

Часто виникає необхідність підбору діаметра мідного дроту для запобіжника із заданим значенням номінального струму плавкої вставки, тобто потрібно вирішити задачу, зворотну вищеописаної. Для цього орієнтовно визначають діаметр мідного дроту за формулою:

$$d = 0,13 \sqrt[3]{I_{\text{н.пл.вст.}}^2} \quad (2)$$

Знаходять мідний дріт потрібного діаметру і перевіряють на стенді при струмі  $I = 2,5I_{\text{н.пл.вст}}$

Якщо час перегорання дроту виявиться більше 10 с, вибирають дріт на один щабель меншого діаметру, і знову проводять досвід, поки не буде знайдений діаметр дроту, при якому вона згоряє за 10 с.

Перевірку плавких вставок на селективність спрацьовування виконують при послідовному підключенні запобіжників до затискачів Х2. При цьому встановлюють струм, що перевищує номінальний струм плавкої вставки

меншого із запобіжників в 2,5 рази, і переконуються, що перегорає тільки його плавка вставка за час не більше 10 с

#### **Список використаних джерел.**

Правила устройства электроустановок. Индустрия, Харків, 2007. 416 с.

Калибровка плавких вставок

предохранителей. URL: [http://electricalschool.info/main/electroremont/346-](http://electricalschool.info/main/electroremont/346-kalibrovka-plavkikh-vstavok.html)

[kalibrovka-plavkikh-vstavok.html](http://electricalschool.info/main/electroremont/346-kalibrovka-plavkikh-vstavok.html)

(дата звернення 26.10.2021)

**Науковий керівник:** Адамова С.В., асистент кафедри ЕА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **СУШІННЯ ІЗОЛЯЦІЇ ОБМОТОК АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ПОСТІЙНИМ ПУЛЬСУЮЧИМ СТРУМОМ ПОСТІЙНОЇ АМПЛІТУДИ**

*Щербаков С.В., serjik347555@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Більшість електроустановок в агропромисловому виробництві оснащені асинхронними електродвигунами. Сьогодні в аграрному секторі України експлуатується понад 4 млн електродвигунів. Щорічно з ладу виходить 20...25% їх парку, що призводить до збитків більш ніж 300 млн гривень. Серед основних причин відмов багато авторів називають зниження опору ізоляції обмоток асинхронних двигунів внаслідок зволоження [1]. Підвищити експлуатаційну надійність асинхронних двигунів можна шляхом профілактичної сушки ізоляції їх обмоток перед включенням в роботу [1, 2]. Найбільш перспективний напрямок підвищення експлуатаційної надійності асинхронних двигунів - струмова сушка. Її використання обмежує слабкий розвиток технічних засобів для реалізації цього способу. Зокрема, найбільш поширені стаціонарні сушильні установки, транспортування яких до місця сушки електродвигуна утруднена. Крім того, вони не забезпечують стабілізації струму в процесі сушіння, що служить ключовим параметром її якості. Сушка ізоляції, як правило, проводиться шляхом подачі на обмотки змінної напруги, величина якого порівняна з номінальною напругою електродвигуна. Це загрожує можливими пробоями ізоляції при сушінні і виходом електродвигуна з ладу. Важливою обставиною є те, що струмова сушка передбачає зміну штатної схеми з'єднання обмоток електродвигуна на послідовне, паралельне або змішане. Сучасні серії асинхронних двигунів, особливо середньої і великої потужності, все частіше випускають зі схемою з'єднання «зірка» без можливості зміни її для конкретних умов експлуатації. Тому схема з'єднання обмоток при сушінні, як правило, послідовно-паралельна, що негативно впливає на час та рівномірність. Спосіб сушіння ізоляції обмоток постійним пульсуючим струмом постійної амплітуди і

пристрій для його реалізації передбачає сушку без зміни схеми з'єднання обмоток, забезпечує рівномірність розподілу теплоти всередині машини, якість сушки, мінімізацію її часу танапруги, що подається на обмотку. Напруга сушки електродвигунів найбільш поширеної серії 4А в діапазоні номінальних потужностей від 0,37 до 22 кВт не перевищує 30 В, що в 10 разів нижче номінальної.

Оснoву пристрою сушіння становить зворотньоходовий імпульсний перетворювач, що працює на частоті 132 кГц відповідно до схеми, що наведена на рис.1. Висока частота перетворення дозволила отримати ККД трансформатора близько 96%, а перетворювача більше 85%, що значно перевершує показники інших аналогічних пристроїв. Управління перетворювачем здійснює контролер DA1 широтно-імпульсної модуляції сімейства TopSwitch-GX фірми Power Integration. Високий ступінь інтеграції кристала в корпус T0-220-7C дозволила досягти мінімальних габаритів, маси та вартості пристрою.

Якість і мінімальний час сушки забезпечує введення вузла стабілізації струму на мікросхемі DA2. Стабілізація заснована на вимірі падіння напруги на шунт R14 і подачі керуючого сигналу на вивід «С» контролера DA1. Підвищення ККД досягається шляхом мінімізації втрат потужності на шунт R14 зарахунок зменшення його опору до величини 20 мОм. Для управління контролером потрібне посилення сигналу з шунта, що виконує операційний підсилювач DA2.2. На елементі DA2.1 зібраний компаратор, який спільно з резистором R11 регулює струм сушки.

Алгоритми подачі постійної пульсуючої напруги на обмотки електродвигуна дозволяє розподілити рівномірно тепло в корпусі машини. Керування перемиканням обмоток виконує контролер DD1 сімейства AVR Tiny моделі 2313 фірми Atmel. Програма управління контролером дозволяє змінювати алгоритм роботи пристрою сушіння з урахуванням особливостей будь-якого електродвигуна сучасної серії.

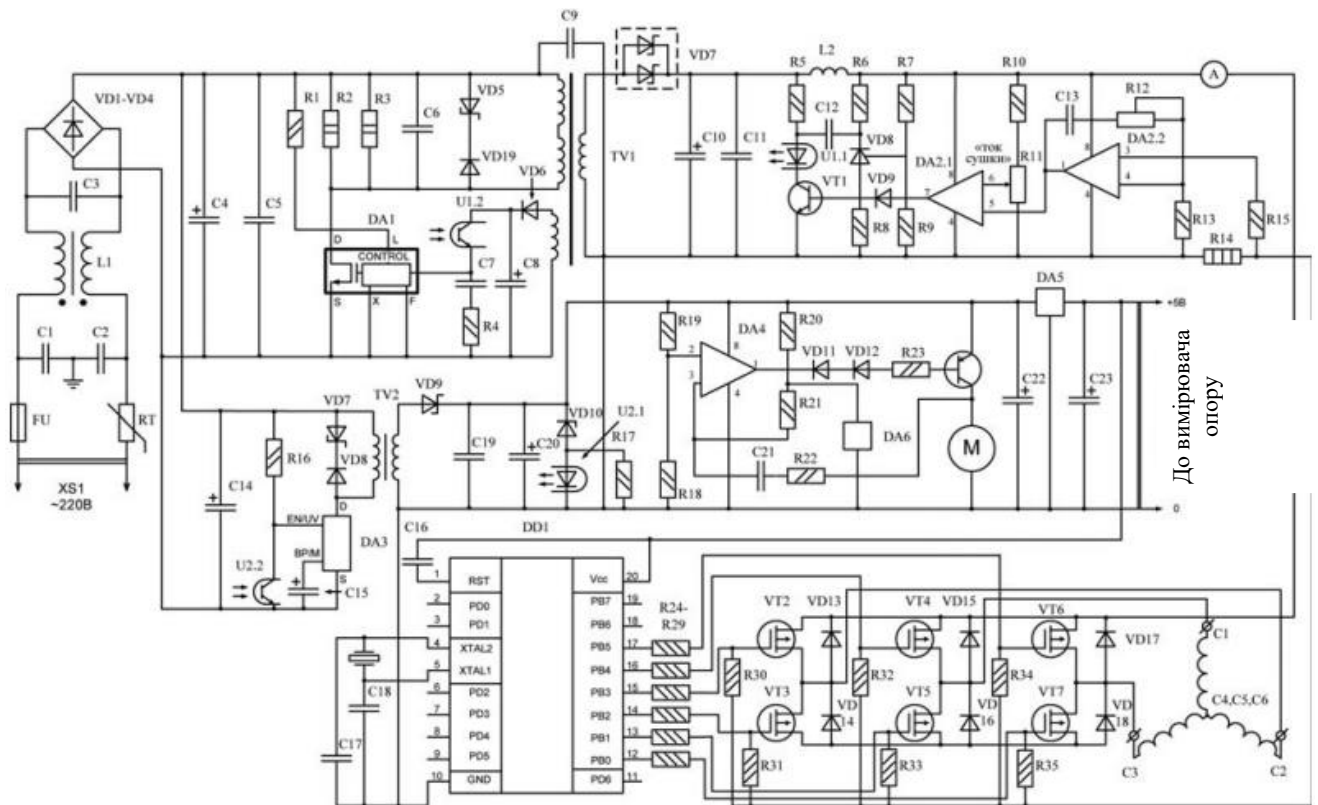


Рисунок 1 - Схема електрична принципова приладу сушіння

При традиційному струмовому способі сушіння досить часто виникають локальні перегріви окремих областей обмотки. Для забезпечення нормативного терміну служби ізоляції при сушінні слід орієнтуватися по найбільш нагрітим ділянкам. В цьому випадку процес займає тривалий час. При недотриманні такої умови, перегрів обмотки негативно позначається на терміні служби ізоляції.

**Висновки.** Використання способу сушки постійним пульсуючим струмом дозволяє зменшити тривалість сушіння двигуна, підвищити експлуатаційну надійність асинхронних двигунів, за рахунок підтримання допустимого значення опору ізоляції, та знизити напругу при якій відбувається сушіння.

#### Список використаних джерел

- 1.Оськин С.В. Методы и средства повышения эксплуатационной эффективности нерегулируемых электроприводов для кормоцехов и предприятий по переработке с.х. продукции: автореф. дис. ... д-ра. техн. наук : 05.20.02 /Азово-Черноморская государственная агроинженерная академия. Челябинск, 1998. 379 с.
- 2.Ерошенко Г.П., Медведько Ю.А., Таранов М.А. Эксплуатация электрооборудования сельскохозяйственных предприятий. Ростов на Дону: Терра, 2001. 592 с.

**Науковий керівник:** Адамова С.В., асистент кафедри «Електроенергетика і автоматизація», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.



## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ДАТЧИКИ

Носань С.В., Email [serhii.nosan@gmail.com](mailto:serhii.nosan@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Сучасні датчики електричних величин являють собою складну систему різнорідних компонентів— аналогових і цифрових електронних схем, алгоритмів виміру й конструктивних елементів [1].

Усе частіше в них вбудовуються мікропроцесори, що дозволяють за рахунок математичної обробки інформації безпосередньо в процесі виміру й активного керування виміром значно підвищити точність. Тенденція «інтелектуалізації» датчиків фізичних величин приводить до надзвичайного ускладнення процесу проектування, який носить системний характер і неможливий без використання засобів автоматизації. У той же час мікропроцесорні датчики, як об'єкти проектування, мають особливості, що утрудняють розвиток і застосування засобів автоматизованого проектування. Особливості й переваги, одержувані від використання «інтелектуальних» датчиків пов'язані із залученням обчислювальних ресурсів у сам датчик [2].

Обробка даних проводиться в кожному індивідуальному датчику, на відміну від обробки в центральному контролері системи, як у більшості традиційних систем. При цьому інтелектуальний датчик поряд з одержанням звичайної корисної інформації може бути динамічно запрограмований залежно від змін у вимогах користувача. Це зменшує необхідність у дорогих, спеціально орієнтованих на даний додаток датчиках, тому що дешеві програмувальні загальцільові датчики достатні для більшості додатків.

Застосування цифрових методів обробки інформації дозволяє підвищити не тільки якість вимірів, але й значно розширити функції приладів. Крім уже відомих можливостей (настроювання меж виміру, фільтрація сигналу, коректування похибок) з'являються й інші функції (реалізація функцій регуляторів, завдання припустимих значень, самодіагностика, збільшення обсягу переданої інформації з польових шин і ін.).

- реалізація режиму періодичної подачі й відключення живлення;
- використання сторожового таймера для запобігання втрати програмного керування;
- використання статичних оперативних запам'ятовувальних пристроїв (ОЗУ) з резервуванням живлення;
- герметизація корпусу;
- багаторазовий вимір параметрів.

Особлива увага приділяється забезпеченню режиму мінімізації енергоспоживання за рахунок наступних засобів:

- використання елементної бази з малим енергоспоживанням;
- уведення в загальну структуру пристрою систем керування режимами енергоспоживання (наприклад, менеджерів живлення);

- вибір мінімальної тактової частоти контролера;
- використання режимів припинення, повної зупинки або вимикання живлення під час роботи відносно повільно діючих периферійних пристроїв;
- використання економічних перетворювачів постійної напруги.

Одним з типових випадків застосування мікроконтролерів для рішення вимірювальних завдань є створення так званих інтелектуальних датчиків. Інтелектуальні датчики містять, як правило основні елементи, що зображені (рисунок 1):

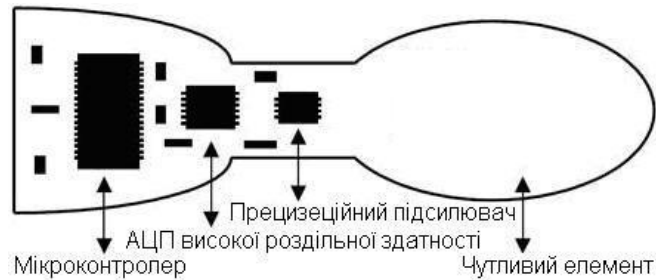


Рисунок 1 - Умовна будова інтелектуального датчика

У цей час випускаються мікроконтролери промислового стандарту, у яких усі пристрої обробки вимірювального сигналу об'єднані на одному кристалі. Як приклад можна привести пристрої фірми Analog Devices, називані мікроконвертерами: ADUC 812, 816, 834, 848 і ін. У цьому випадку структурна схема інтелектуального датчика спрощується за рахунок об'єднання функцій. Датчики подібного типу можуть поєднуватися в мережу (рисунок 2).

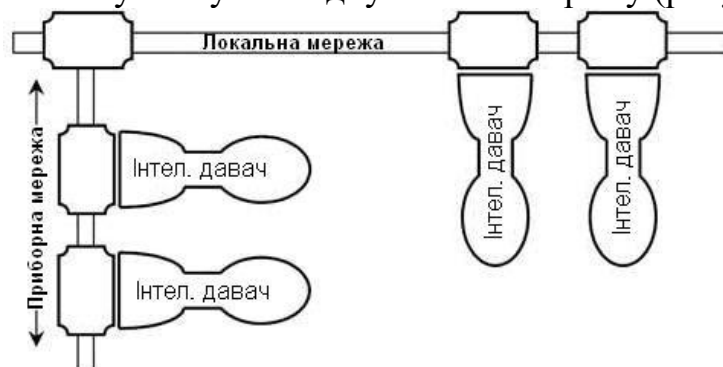


Рисунок 2 - Об'єднання інтелектуальних датчиків за допомогою мережних технологій

На відміну від звичайних датчиків інтелектуальні датчики є пристроями зі зворотним зв'язком.

Вони здатні самостійно підбудовуватися під умови експлуатації й постійно регулювати свою чутливість.

Таким чином, у порівнянні зі звичайними, традиційними датчиками сучасні інтелектуальні датчики забезпечують:

- 1) різке зменшення викривлень вимірювальної інформації на шляху від датчика до контролера ;
- 2) збільшення надійності виміру завдяки самодіагностиці датчиків;

- 3) можливість використання принципів виміру, що вимагають досить складної обчислювальної обробки вихідних сигналів;
- 4) можливість побудови мультисенсорних датчиків ;
- 5) можливість проведення всієї необхідної первинної переробки вимірювальної інформації в датчику;
- 6) можливість передачі в систему автоматизації не тільки поточного значення вимірюваної величини, але й додаткових сигналів;
- 7) наявність у датчику бази даних для зберігання значень вимірюваної величини за заданий тривалий інтервал часу;
- 8) можливість дистанційно з пульта оператора в оперативному режимі вибрати діапазон виміру датчика, установлювати нуль приладу;
- 9) можливість шляхом програмування роботи датчика на досить простій технологічній мові реалізовувати в ньому прості алгоритми регулювання, програмного керування, блокувань механізмів;
- 10) можливість будувати досить прості ланцюги регулювання, програмного керування, блокувань на самому нижньому рівні керування із трьох компонентів: інтелектуальних датчиків, польової мережі й інтелектуальних виконавчих механізмів.

Таким чином склалися передумови для народження принципово нового класу сучасних "інтелектуальних" сенсорів.

Інтелектуальний сенсор— це сенсор, що має у своєму складі мікрокомп'ютері завдяки цьому здатний виконувати досить складну обробку первинної інформації; враховувати всі нелінійності й необхідні виправлення; видавати дані в найбільш зручній для користувача формі; активно впливати на об'єкт спостереження, сприймаючи й аналізуючи викликані цим зміни; робити самоконтроль і самодіагностику; накопичувати й систематизувати дані; підтримувати інформаційний зв'язок із зовнішнім світом; змінювати режими своєї роботи, адаптуючись до мінливих умов; переходити до виконання інших функцій і т.д.

Такі сенсори, як правило, є "активними", тобто не просто пасивно сприймають вплив, властивості, характеристики об'єкта спостереження, але й самі спеціальним чином впливають на об'єкт, сприймаючи й аналізуючи викликані цим зміни. Для них не є проблемою врахувати нелінійність характеристик чутливих елементів, різні виправлення й вплив сторонніх впливів (напр., зміни температури). Якщо потрібно, вони самі автоматично можуть повторити вимір, усереднити результати, перерахувати в інші одиниці виміру й т.п.

Багато виробників інтелектуальних датчиків вже підтримали ці стандарти. Головне, що дає об'єднання датчиків у мережу - можливість доступу до інформації про вимірювання за допомогою ПЗ, незалежно від типу датчика та від того, як організовано конкретну мережу. Виходить мережа, що служить місточком між датчиками та користувачем (ЕОМ), що допомагає вирішувати технологічні завдання [3].



Рисунок 3 - Сучасні інтелектуальні системи

**Висновок.** Таким чином мікрокомп'ютер при наявності відповідних закладених у його пам'ять мікропрограм може виконувати також самоконтроль, контроль усіх вузлів сенсора й видавати користувачеві попередження й діагностичні повідомлення. Користувач має можливість впливати на роботу сенсора через клавіатуру Кл, зокрема, вибирати й змінювати режими роботи, задавати або змінювати якісь уставки й параметри і т.д.

**Література.**

1. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК/ Мартиненко І.І., Лисенко В.П., Тищенко Л.П., Болбот І.М., Олійник П.В. Київ: Навчальний посібник. 2008. 303 с.
2. Засоби автоматизації електротехнічних комплексів/ Навчальний посібник /Діордієв В.Т., Кашкар'юї А.О., Дубініна С.В., Новіков Г.В. Мелітополь: ФОП Однорог Т.В., 2020. 204 с.
4. Обладнання для автоматизації URL: - <http://www.owen.ua>.

**Науковий керівник** Діордієв В.Т., професор кафедри ЕА.

**ПРИЛАД ДЛЯ РОЗІГРІВУ І ПОЛІПШЕННЯ КРОВОТОКУ М'ЯЗІВ**

*Бісұлтанов А. М. (учень 11 класу) e-mail: [abamalpr@gmail.com](mailto:abamalpr@gmail.com)  
Навчально виховний комплекс № 16*

Методи лікування без застосування будь яких ліків завжди були привабливі не тільки тому що при цьому відпадає необхідність пошуку дефіцитних і нині дорогих препаратів, тому що вони значною мірою виключають побічні ефекти і тому що деякі хвороби можливо вилікувати без звертання до сімейного лікаря.

Пропонується достатньо простий електронейростимулятор призначений для впливу слабким електричним струмом на зони шкірної поверхні для зняття болю переважно неврологічного характеру і лікування запальних захворювань. Застосування приладу в домашніх умовах рекомендується після консультації з лікарем. Стимулятор виробляє несиметричні біполярні імпульси, форма яких показана на рис. 1.

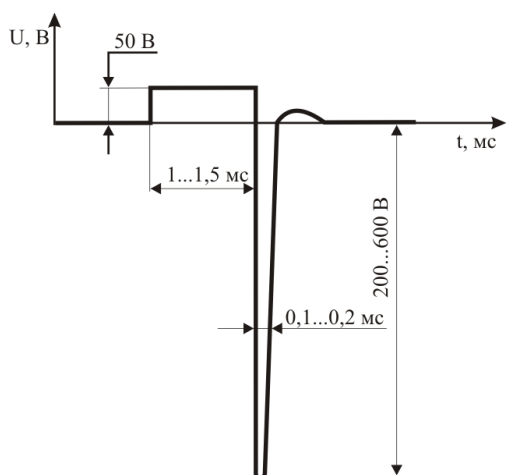


Рисунок 1 - Несиметричний біполярний імпульс, що виробляє стимулятор

Прилад, принципова електрична схема якого наведена на рис. 2, складається з генератора імпульсів на інтегральній МОП мікросхемі DD1 типу і підсилювача потужності на транзисторі VT1 з індикатором на світло діод VD1. З підсилювача потужності імпульси через узгоджувальний трансформатор Т1 надходять на електрод. При роботі миготливе світіння індикатора VD1 характеризує справність приладу, а його яскравість - величину рівня стимулюючого впливу.

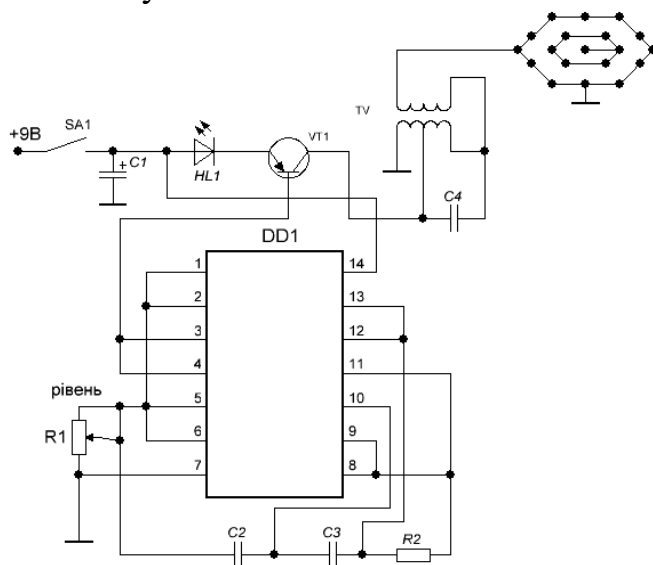


Рисунок 2 – Принципова електрична схема стимулятора м'язів

Конструкція електрода представлена на рис. 3. Він складається з 19 штирків довжиною 10 мм кожний і діаметром близько 1 мм з торцями сферичної форми. У проекції на шкірну поверхню вплив електрода обмежено його контактної поверхнею, що складається з 12 штирків, з'єднаних з точкою нульового потенціалу приладу. Цим виключається просторове передозування.

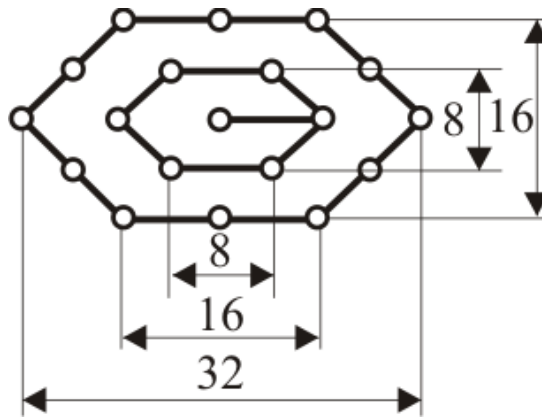


Рисунок 3 – Розташування електродів

Контроль за рівнем сигналу оцінюється за яскравістю світлодіодного індикатору HL1, а також за суб'єктивним відчуттям пацієнта. Штирі електрода розпаяні на окремій платі з фольгованого склотекстоліти (рис. 3.4), розташованої на передній частині корпусу приладу. Для штирьків використовували посріблені штирі від роз'ємів типу ШР але можна їх зробити з латунного або мідного дроту діаметром не менше 1 мм.

Зовнішнім торцях штирьків, що контактують зі шкірою, необхідно надати напівсферичну форму. Штирі повинні мати захисне покриття з нікелю або хрому.

В якості вихідного трансформатору TV використовували узгоджувальний трансформатор від транзисторних приймачів з перерізом сердечника 6×8 мм, або як варіант для покращення результату роботи стимулятора можна застосувати узгоджувальний уніфікований трансформатор типу TOT-109 з магнітопроводом з железонікелевого сплаву ЗОН, потужністю 1 Вт, діапазоном частот 300...10000 Гц і вагою 45 гр.

Схема і дані трансформатора TOT-109 наведені на рис.4, а його включення в схему приладу - на рис. 4.

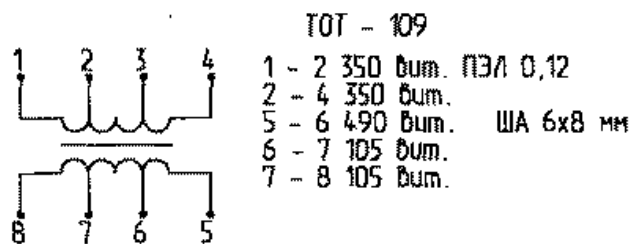


Рисунок 4 – Схема і характеристика трансформатору TOT-109

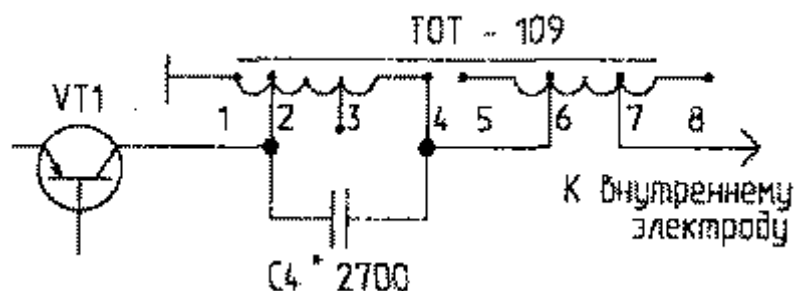


Рисунок 5 – Схема включення трансформатора Т0Т-109 до стимулятора

Основні технічні дані приладу:

- амплітуда позитивного імпульсу, не менш 30 В;
- амплітуда негативного імпульсу, не менш 200 В;
- частота проходження імпульсів,  $10 \pm 3$  Гц;
- тривалість позитивного імпульсу, не більше 1,5 мс;
- тривалість негативного імпульсу, не менше 0,1 мс;
- струм споживання, не більше 4,5 мА.

Живлення приладу здійснюється батарейкою "Корунд", "Крона-ВЧ" або аналогічної напругою 9 В.

Друкована плата розмірами 40×45 мм з трансформатором Т0Т-109 розроблена в програмі Sprint-Layout 4.0 і преведена на рис. 6.

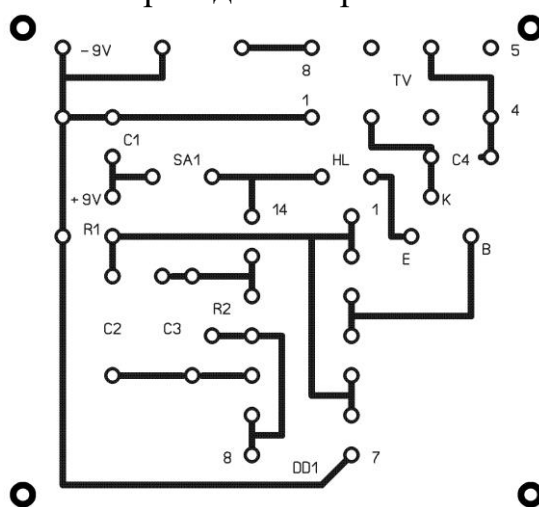


Рисунок 6 – Друкована плата стимулятора

Програма Sprint-Layout містить інструменти для рисування контактних майданчиків (п'ятачків), доріжок, багатогранників, написів, масштабування для вибору зручного масштабу перегляду креслення, а також має бібліотеку компонентів (макросів). Файли креслень мають розширення \*.lay, а файли бібліотека компонентів (макроси) - \*.lmc.

Для створення приладу використовувалися прості і поширені радіоелементи, номінальні значення і типи наведені нижче.

VT 1	KT816A
DD1	K561 ЛЕ5
C1	100,0×16В (електролетичний)
C2	0,015 мкФ
C3	0,22 мкФ
C4	2700 пФ
R1	47 кОм (перемінний)
R2	220 кОм

Корпус приладу виконаний в пластиковому (діелектричному) корпусі, усередині якого розміщено відсік для батареї живлення і відсік для друкованої

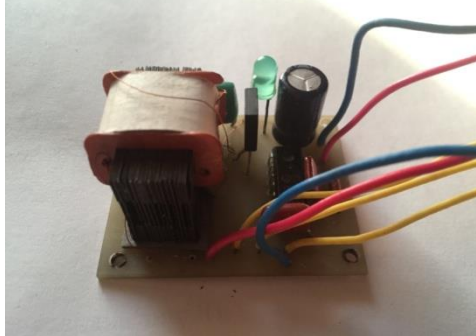
плати з радіоелементами, тобто електрична схема, а на одній з зовнішніх поверхонь розташований блок електродів-штирів.

Для забезпечення гігієнічних вимог електрод перед роботою повинен бути продезінфікований 3 % розчином перекису водню.

При проведенні сеансу лікування необхідно щільно притиснути електрод до шкіри і включити прилад. Поступово збільшуючи величину стимулюючого впливу, необхідно досягти чутливого поколювання, не допускаючи при цьому дискомфортного рівня. Активними вібраційними рухами з постійною зміною положення електрода можна підвищити поріг больового сприйняття електричних імпульсів, що дозволяє працювати з більш високим рівнем сигналу. Стимуляцію зон впливу потрібно проводити легкими масажними рухами протягом 1...5 хвилин. Стимуляція шкірних зон голови, шиї, рук вимагає меншого часу, а попереку, сідниць, ніг - більшого.



Пластиковий корпус приладу



Пристрій приладу на печатній платі



Зовнішній вигляд приладу

Електростимуляцію бажано проводити на сухій знежиреній шкірі. Підвищена вологість або жирність шкірної поверхні в ряді випадків може створити дискомфортні відчуття печіння, що перешкоджає збільшенню рівня сигналу, обмежує глибину проникнення і ефективність стимуляції шкірних



нейроструктур. У прохолодному приміщенні перед дотиком до шкіри пацієнта слід теплом рук зігріти штирі електрода.

### **Список використаних джерел**

Шалдин В. И. Саморегуляция здоровья нейроподобным импульсом / В. И. Шалдин. - Челябинск: 2003. – 240 с.

Самосюк И. Акупунктура / И. Самосюк, В. Лысенюк. – Москва: «АСТ-ПРЕСС КНИГА», 2004 г. – С. 6-7.

Василенко А. М. Элементы современной теории рефлексотерапии / А. М. Василенко // Рефлексотерапия. 2002, №3(3). - С. 28-37.

Заец Н. И. Электронные самоделки. Для быта, отдыха и здоровья. / Н.И. Заец. – М. : СОЛОН – Пресс, 2005. – 344 с.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ПРОСТИЙ ПРИЛАД ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАМИ**

*Бісұлтанов А. М. (учень 9-го класу) e-mail: [blan20012007@gmail.com](mailto:blan20012007@gmail.com).*

*Навчально виховний комплекс № 16*

Відомо, що дія серця обумовлена потужними хвилями електричної активності, які викликають слабкі струми, що протікають в тілі, змінюючи електричний потенціал між різними точками на шкірі приблизно на один мілівольт. У цій діяльності приховано величезну кількість інформації про те, що робить серце, і кожен, хто може це помітити, може зазирнути в роботу цього неймовірного органу.

На щастя, нам не потрібно бути кардіологом із дорогим обладнанням, щоб уловити та розшифрувати цей сигнал. Будь-хто може зробити це за допомогою цього саморобного електрокардіограмного пристрою (ЕКГ), аналого-цифрового перетворювача (АЦП) для оцифрування сигналу та відправки його на комп'ютер, а також деяку літературу для розшифрування кардіограми. Експериментальна проблема полягає в тому, що сигнал, який ми шукаємо, вимірює лише близько 1 мВ, він може змінюватися всього за 1/100 секунди, і він вбудований в загальному сигналі, тобто шумлін. Для покращення роботи цей сигнал треба підвищити його до рівня 1 В, який можна оцифрувати, потрібен підсилювач з коефіцієнтом підсилення близько 1000 і частотною характеристикою не менше 100 Гц. Але стандартні операційні підсилювачі, такі як 741, не працюватимуть через навколишній шум.

Ще є одна проблема. Коли електроди розміщені далеко один від одного на тілі, наша шкіра діє як звичайна батарея і створює нерегулярну різницю потенціалів, яка може перевищувати 2 В, зменшуючи наш серцевий сигнал в 1 мВ. А крім цього, наше тіло та дроти, які з'єднуються з електродами, утворюють чудові радіоантени, які вловлюють шум 50 Гц, що виходить від кожного кабелю живлення в будівлі. Це додає синусоїдальну напругу, яка ще більше переповнює крихітні імпульси серця, і оскільки його частота близька

до роздільної здатності 100 Гц, яка потрібна для відстеження серця, її важко відфільтрувати.

Звичайно можна рахувати, що це не має значення, оскільки операційні підсилювачі є "підсилювачами різниці" - тобто вони віднімають будь-яку напругу, яка однаково надходить на обидва входи. На жаль, операційні підсилювачі не справляються з цією роботою ідеально. Щоб знехтувати це "синфазне" сміття не більше ніж 1 % похибки до вимірювання ЕКГ, нам потрібен так званий коефіцієнт відхилення синфазного режиму (CMRR) щонайменше 100 000 до 1. На мові електроніки, CMRR вимірюється в децибел (дБ), де кожний фактор збільшення напруги в 10 еквівалентний 20 дБ. Це робить наш необхідний коефіцієнт 105, що дорівнює  $20 \times 5$  або 100 дБ - точність вище, ніж у більшості операційних підсилювачів.

Для отримання такого коефіцієнта підсилення і зробити конструкцію максимально простою в цій розробці використовували операційний підсилювач AD624AD або AD620AN (рис. 1) в якому для підвищення коефіцієнту підсилення можна просто замикати певні контакти разом, і при цьому налаштуванні CMRR підсилювача буде перевищує 110 дБ.

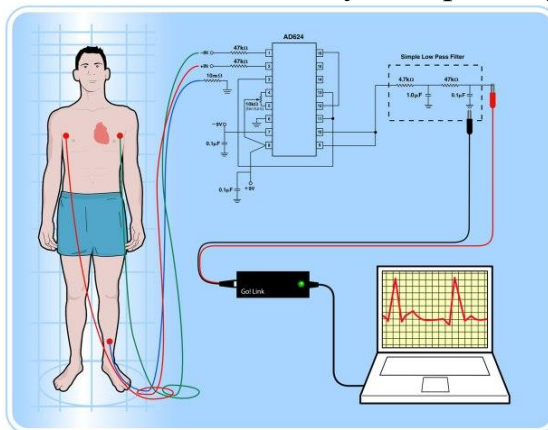


Рисунок 1 – Схема підключення приладу до тіла

Деякі прості схеми підтримують наш інструментальний підсилювач. Двоступеневий резистор-конденсатор (RC) фільтр. Фільтр (рис. 2), що усуває частоти вище, ніж 50 Гц то цей досить слабкий, але працює досить добре. Для передачі сигналів між тілом і підсилювачем використовували чотирижильний телефонний кабель, що підключено через роз'їм для легкого під'єднання.

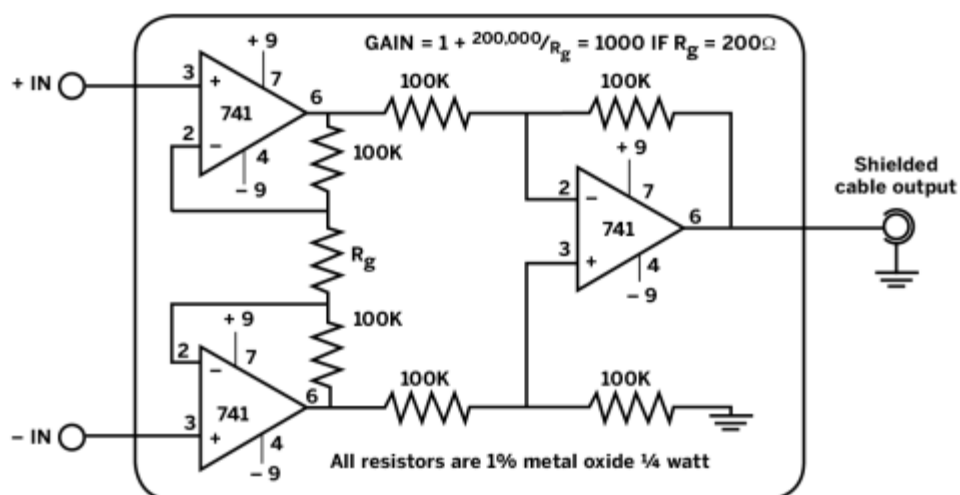


Рисунок 2 – Принципова схема активного фільтру

Інша важлива частина приладу це мідні електроди, змащених провідним шаром шампуню, міцно приклеєних скотчем до тіла та підключених до дротяних проводів, але можна використовувати покупні "ЕКГ-електроди", які використовуються кардіологами..

Під'єднання електродів відбувається так - мінусовий провід підсилювача безпосередньо під лівою пахвою тіла, а позитивний – під правою пахвою, крім того ще необхідно підключити кабель заземлення для ланцюга до лівої гомілки трохи вище щиколотки.

Щоб вивчити сигнал ЕКГ, його потрібно оцифрувати та записати на комп'ютері. Для цього потрібен аналого – цифровий перетворювач (АЦП) або пристрій реєстратора даних, який може дискретизувати на частоті 200 Гц. Для безпеки проведення вимірів ноутбук слід відключити від мережі.

Якщо хочете, ви можете додати оптикоізоляцію до своєї ЕКГ, щоб захистити від ланцюга подій на рівні ймовірності падіння метеора з неба. Оптикоізолятори поставляються в мікросхемах типу DIP, які можна підключити до системи між фільтром і реєстратором даних. Ви повинні заземлити світлодіодний передавач до заземлення схеми підсилювача, а фотодіодний приймач — до реєстратора даних або до землі АЦП.

#### Список використаних джерел

Findchips. Самодельный простой электрокардиограф (ЭКГ). [Електронний ресурс]. – Режим :

<https://www.rlocman.ru/shem/schematics.html?di=47010>

В гостях у самоделкина. Устройство для снятия кардиограммы. [Електронний ресурс]. – Режим доступа : <https://usamodelkina.ru/21198-ustrojstvo-dlja-snjatija-kardiogrammy.html>

Агаханян Т. М., Никитаев В. Г. Электронные устройства в медицинских приборах: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 480 с.

Федотов А. А., Акулов С. А. Измерительные преобразователи биомедицинских сигналов систем клинического мониторинга. – М.: Радио и связь, 2013. – 250 с.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ЩО ТАКЕ ЦИФРОВІ ПІДСТАНЦІЇ

Ганюк О. А. e-mail: [ganyukaleksei@gmail.com](mailto:ganyukaleksei@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Цифрова підстанція (ЦПС) – це підстанція, де організація всіх потоків інформації при вирішенні завдань моніторингу, аналізу та управління здійснюється у цифровій формі. Цифрова підстанція укомплектована інтелектуальним вторинним обладнанням, що працює на єдиному стандартному протоколі обміну інформацією – МЕК 61850. Зокрема, на підстанції встановлені високовольтні цифрові вимірювальні оптичні трансформатори струму та напруги, багатофункціональні прилади вимірювання та обліку, станційна шина та шина процесу, система синхронізації, нова система відображення та управління підстанцією. Впроваджено оптоволоконні кабелі, що дозволяють відмовитися від використання дорогих мідних дротів.

Стандарт МЕК 61850 – загальноприйнятий у всьому світі стандарт відповідно до яким інтелектуальні електронні пристрої (IED) обмінюються даними всередині підстанції та електромережі в цілому. Його основна мета полягає в забезпеченні ЕМС обладнання, що випускається різними виробниками.

Розглянемо детальніше структуру цифрової підстанції, виконану відповідно до стандарту МЕК 61850.

Система автоматизації енергооб'єкта, побудованого за технологією "Цифрова підстанція", ділиться на три рівня:

польовий рівень (рівень процесу);  
рівень приєднання;  
станційний рівень.

Польовий рівень складається з:

- первинних датчиків для збору дискретної інформації та передачі команд управління на комутаційні апарати;
- первинних датчиків для збирання аналогової інформації (цифрові трансформатори струму та напруги).

Рівень приєднання складається з інтелектуальних електронних пристроїв:

- пристроїв керування та моніторингу (контролери приєднання, багатофункціональні вимірювальні прилади, лічильники АСКУЕ, системи моніторингу трансформаторного обладнання тощо);
- терміналів релейного захисту та локальної протиаварійної автоматики.

Станційний рівень складається з:

- серверів верхнього рівня (сервер бази даних, сервер SCADA, сервер телемеханіки, сервер збору та передачі технологічної інформації тощо, концентратор даних);
- АРМ персоналу підстанції.

Одне з головних завдань на шляху побудови "цифрових підстанцій", а саме: створення необхідного комплексу вторинного обладнання з підтримкою цифрових протоколів - на сьогоднішній день вирішено. Проте, залишається ще низка організаційних та технічних питань, без вирішення яких перехід на "цифру" у вторинних системах здійснено не можливе, тобто:

1. забезпечення функціональної сумісності пристроїв різного призначення та різних виробників;
2. забезпечення надійності передачі даних цифровим мережам;
3. забезпечення необхідної швидкості передачі;
4. наявність, адекватної технологіям, нормативної бази та, в першу чергу, в галузі метрології;
5. рішення питань проектування "цифрових підстанцій".

Як варіант будови цифрових підстанцій це використання оптичних трансформаторів струму та напруги.

Такий трансформатор є компактним пристроєм, в основі якого лежить оптоволокно. Чим же добрий такий трансформатор?

По-перше, це габарити. З'явилася можливість замінити прилад розмірами кількох кубометрів одним циліндром, на який намотано оптоволокно. Оптоволокно насправді це складно структуроване кварцове скло, що має при цьому серцевину по якій проходить світло. Діаметр цієї серцевини у кілька разів менший за діаметр людського волосся.

По – друге у таких трансформаторів більш висока ніж у традиційних трансформаторів пожежо- та вибухобезпека, тому що в їх конструкції відсутні деталі, які можуть спалахувати або вибухати, а ось за класом точності і ті й інші рівні.

По – третє надійність і довговічність. Зараз вже волокна здатні витримувати температуру до 1000 °С, зразки таких волокон використовуються в ядерних станціях, реакторах (для обмеження струмів КЗ). Ціна за метр оптоволокна в порівнянні з мідними та алюмінієвими жилами значно мала, що робить такі трансформатори більш економічними.

Оптичні трансформатори розроблені відповідно до таких основних стандартів: МЕК 60044-1 (ГОСТ 7746) "Трансформатори струму"; МЕК 60044-2 (ГОСТ 1983) "Трансформатори напруги"; МЕК 60044-7 "Електронні трансформатори напруги"; МЕК 60044-8 "Електронні трансформатори струму"; ГОСТ Р МЕК 61850 "Мережі та системи зв'язку на підстанціях".

По відношенню до традиційних трансформаторів запроваджено додаткові нормативи щодо:

вимогам щодо вимірювання гармонік;

розширено вимоги до контрольованих гармонік і меж амплітудних і кутових похибок, що допускаються;

введені вимоги до точності вимірювання гармонік та субгармонік для додатків захисту;

вимог до аналогових та цифрових інтерфейсів;

введені додаткові інтерфейси передачі вимірювальної інформації.

ЦПС мають низку плюсів у порівнянні з традиційними:

- 1) малі габарити обладнання та відповідно ПС загалом, що дозволяє зменшити витрати на землю;
- 2) мінімальна ймовірність електротравматизму, т.к. персонал керує всім обладнанням дистанційно;
- 3) скорочення витрат на персонал через те, що для управління такою підстанцією потрібно менше людей, ніж для традиційних;
- 4) використання оптоволокна в ТТ і ТН замість звичних міді та алюмінію.

Незважаючи на позитивні сторони ЦПС, перехід на них недоцільний за поточного рівня науково-технічного прогресу. Одноразові витрати на будівництво такого об'єкта, виготовлення обладнання, навчання персоналу, значно великі. Тим не менш, ЦПС заслуговують на особливе уваги, тому що в найближчому майбутньому перехід на цей тип ПС практично неминучий через зростання енергоспоживання.

#### **Список використаних джерел**

ЧичёвС.

И.

Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий. / С. И. Чичёв, В. Ф. Калинин, Е. И. Глинкин – М: Издательский дом "Спектр", 2014. – 228 с.

Основы информационной безопасности. Учебное пособие для вузов / Е. Б. Белов, В. П. Лось, Р. В. Мещеряков, А. А. Шелупанов.- М.: Горячая линия-Телеком, 2006.-544 с.

Лобода О. І. Проблеми цифрових підстанцій по збереженню інформаційних потоків даних / О. І. Лобода // Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції пам'яті В. В. О

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

### **НВЧ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИМІРУ ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ**

*Курятнікова Н. В. e-mail: [nkuratnikova863@gmail.com](mailto:nkuratnikova863@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Застосування технологій землеробства ставить нові задачі перед наукою. Зокрема, вимірювання якісних показників ґрунту повинні ставати масовими, менш витратними, більш точними та достовірними. Вимірювальний пристрій має бути універсальним, тобто, бути працездатним з будь-яким типом та механічним складом ґрунтів.

Зазвичай вологість вимірюється із застосуванням таких методів:  
кондуктометричного;  
діелектричних втрат;  
діелькометричного;  
ядерного магнітного резонансу.

Кондуктометричний метод ґрунтується на залежності питомої об'ємної провідності, що вимірюється на постійному струмі, від вологості. Метод знайшов широке застосування у вимірюванні вологості зерна, ґрунту, волокон, харчових продуктів. Точність кондуктометричного методу становить 5...8 %. Метод діелектричних втрат враховує залежність втрат від кількості вологи в об'єкті вимірювання на змінній напрузі. Використання НВЧ-діапазону для подібних вимірювань є перспективним, однак їх реалізація - це складна технічна задача. Точність методу залежить від багатьох факторів і може становити одиниці процентів.

Діелькометричний метод ґрунтується на тому, що діелектрична проникність є лінійною функцією вологовміщення. Об'єкт вимірювання розміщують як заповнювач між пластинами конденсаторного давача. Похибка результату вимірювання за цим методом - 3...5 %.

Метод ядерного магнітного резонансу використовує властивість поглинання енергії радіочастотного магнітного поля ядрами атомів водню води, наявної в об'єкті вимірювання.

Вимірювання вологості ґрунту електрофізичними методами засновано, як правило, на вимірі величини питомого електричного опору ґрунту проходження через нього постійного або змінного струму.

Найбільш перспективним методом є вимірювання вологості ґрунту за величиною питомої поглинається активної потужності надвисокочастотного електромагнітного поля (НВЧ ЕМП).

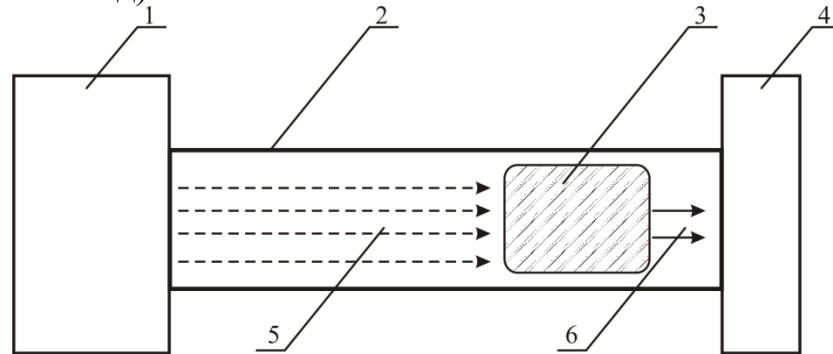
З метою вирішення перелічених завдань пропонується спосіб та НВЧ пристрій (рис. 1) що дозволяє виконувати вимірювання вологості ґрунту, при цьому результат вимірювань не залежать від концентрації солей чи індивідуальних властивостей ґрунту.

Такий результат досягається за рахунок того, що електромагнітна енергія, що підводиться до контрольованої проби ґрунту, має частоту НВЧ діапазону (2,45 ГГц). Результати експериментів довели, що енергія саме цієї частоти найбільш ефективно поглинається водою, а кількість поглиненої енергії практично не залежить від вмісту солей, тобто від концентрації та складу ґрунтових електролітів. Суть даного способу вимірювання вологості полягає в тому, що при проходженні потоку електромагнітного випромінювання частина його поглинається водою, що міститься в пробі, і розсіюється у вигляді теплоти, а частина, що залишилася, проходить крізь пробу ґрунту і досягає детектора, який проводить вимір її інтенсивності (рис. 1).

Даний метод відрізняється високою чутливістю до змін вмісту вологи, пов'язаної з дисперсією обох складових комплексної діелектричної проникності, яка проявляється в діапазоні надвисоких частот.

Важливим досягненням є те, що метод НВЧ дозволяє розмежувати пов'язану та вільну вологу. Відомі методи НВЧ для вимірювання вологості можна розділити на:

- а) виміри у вільному просторі;
- б) вимірювання за допомогою спрямованих хвиль: у двопровідних коаксіальних лініях та хвилеводах (хвилевидний метод), а також урезонаторів (резонаторний метод).



1 – НВЧ генератор (магнетрон  $f = 2,45$  ГГц; 2 – хвилевід; 3 – зразок ґрунту; 4 – НВЧ детектор; 5 – потік електромагнітної хвилі; 6 – залишок електромагнітної хвилі

Рисунок 1 – Структурна схема виміру вологості ґрунту хвилевідним НВЧ пристроєм

Метод вимірювання у вільному просторі заснований на залежності поглинання досліджуваним електромагнітним матеріалом енергії від його діелектричних властивостей (рис. 1).

Ослаблення потужності у матеріалі за відсутності відображення можна оцінити ставленням:

$$\frac{P_1}{P_0} = e^{-2\alpha d} = e^{-\frac{4\pi k}{\lambda} d}$$

де  $P_0$  - потужність, що надходить на ґрунт, Вт;

$P_1$  - потужність, що пройшла через ґрунт, Вт;

$d$  – товщина ґрунту, м;

$\lambda$  – довжина хвилі, м;

$\alpha, k$  - відповідно, коефіцієнти згасання та абсорбції матеріалу.

Для спрощення визначимо ступінь зменшення потужності (загасання) у децибелах і отримаємо:

$$A = 10 \lg \frac{P_0}{P_1}$$



У цьому випадку величина  $A$  при постійній товщині зразка ( $d = \text{const}$ ) пропорційна коефіцієнту згасання  $\alpha$ :

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left[ \frac{\varepsilon' \sqrt{1 + \text{tg}^2 \delta} - 1}{2} \right]^{1/2},$$

де  $\varepsilon'$  - дійсна частина комплексної діелектричної проникненості, що характеризує здатність діелектрика накопичувати енергію;  
 $\text{tg} \delta$  - тангенс кута діелектричних втрат.

Таким чином, ослаблення потужності в немагнітних матеріалах при фіксованій частоті коливань визначається значеннями його параметрів  $\varepsilon'$  і  $\text{tg} \delta$ . Оптимальна товщина зразка ґрунту допт, що дає максимальне згасання при зміні вологості, пов'язана з довжиною електромагнітної хвилі. При постійній частоті вважатимуться

$$d_{\text{опт}} = \frac{\Delta}{2},$$

де  $\Delta$ - глибина проникнення хвилі в матеріал.

Хвилевід, яким поширюється електромагнітна хвиля надвисокої частоти, є металева труба прямокутного чи круглого перерізу, як варіант можна використовувати мідь, латунь або бронзу і з покриттям - срібром. Таким чином, по суті, НВЧ-воломір є хвилевід, з одного боку якого встановлено випромінювач електромагнітних хвиль – НВЧ генератор (магнетрон), а з іншого датчик (детектор), а у хвилевод встановлюється зразок ґрунту (рис. 1).

Залежно від кількості води, що міститься в пробі ґрунту, інтенсивність поглинання нею електромагнітної енергії буде відповідно змінюватися, тоді як потужність НВЧ випромінювача відносно стабільна. Метод виміру, у разі, також є методом ослаблення [7].

З метою підвищення точності вимірювань можна використовувати метод порівняння, викладений раніше. Для цього необхідно використовувати відгалужувальні лінії з атенюаторами та спеціальні пристрої порівняння. Технологічний процес вимірювання, такий: НВЧ генератор (магнетрон) створює потік електромагнітних хвиль і спрямовує його в прямокутний хвилевід. Параметри хвилеводу визначаються завдовжки хвилі електромагнітного випромінювання. Хвилевід може мати ікруглий переріз, прямокутний вибрано для зручності розміщення ньому досліджуваної проби ґрунту.

Далі потік електромагнітної енергії проходить крізь випробувану пробу, причому частина електромагнітної енергії поглинається водою, що міститься

в пробі ґрунту. Тобто величина (інтенсивність) електромагнітної енергії, що пройшла крізь пробу ґрунту, знижується (ослаблюється).

Ступінь ослаблення інтенсивності електромагнітної енергії пропорційна кількості води в випробуваній пробі. Решта електромагнітної енергії досягає детектора і, за допомогою нього, заміряється.

Пропонований метод та НВЧ пристрій для його здійснення можливі у застосуванні. НВЧ пристрій найефективніше проектувати, спираючись на хвилеводний метод. Запропонований метод нечутливий до складу та концентрації ґрунтових електролітів, що дозволяє підвищити достовірність результатів вимірювань.

#### **Список використаних джерел**

Берлинер М. А. Измерение влажности. Изд. 2-е перераб и доп. / М. А. Берлинер. – М.: Энергия, 1973

Богачук В. В. Методи і засоби вимірювального контролю вологості порошкоподібних матеріалів: Монографія / В. В. Богачук, Б. І. Мокін. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 141 с.

Головко Д. Б. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин. Навч. Посібник / Д. Б. Головко, Ю. О. Скрипник, О. П. Яненко. К. : Либидь, 2004. – 328 с.

Чернушенко А. М. Конструирование экранов и СВЧ-устройств: Учебник для вузов / А. М. Чернушенко, Б. В. Петров, Л. Г. Малорацкий и др.; Под ред. А. М. Чернушенко. - М. : Радио и связь, 1990. - 352 с.

Силаев М. А. Измерительные полупроводниковые СВЧ преобразователи / М. А. Силаев, А. Н. Комов. – М. : Радио и связь, 1984. – 152 с.

Лобода А. И. Обоснование технологических параметров и режимов процесса обеззараживания комбикормов электромагнитным полем сверхвысокой частоты : дисс. на соиск. степени канд. техн. наук: спец. 05.09.03 "Электротехнические комплексы и системы".- Мелитополь : [б.в.], 2014. - 185 с.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного  
вчарова (Мелітополь, 15 квітня - 29 квітня 2021 р) / ТДАТУ; відповід. за вип.

## **ДЕЯКІ ДІЇ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ**

*Мовчан В. В.*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Останнім часом велику увагу стали приділяти екологічно чистому виробництву продукції сільському господарстві.

В основному це пов'язано з виробництвом продукції рослинництва та тваринництва. Однією з альтернатив застосування генетично модифікованих організмів та використання у виробництві хімічних препаратів стало

застосування електрофізичних способів на біологічні об'єкти. Однією з безпечних видів електрофізичного на біологічні організми є вплив магнітним полем.

В основному магнітні поля створюються такими елементами, як магніти. Магніти набули широкого поширення в технічних галузях народного господарства.

Матеріали створюють власне магнітне поле поділяються на слабомагнітні (діамагнетики та парамагнетики) та сильномагнітні (ферромагнетики та феримагнетики).

В основному можна виділити такі види магнітів: постійні магніти, тимчасові магніти та електромагніти.

Особливістю постійних магнітів є залишкова намагніченість, що залишається після намагнічування. При цьому різні види магнітів мають різні властивості і характеристики, такі як розмагнічуваність, сила, зміна сили від температури і т.д.

Особливістю тимчасових магнітів є їхня дія під впливом сильного магнітного поля. Магнітами такого виду можуть виробити з м'якого заліза.

Електромагніти - це в основному пристрої, що складаються з обмотки та осердя. Коли по обмотці тече електричний струм, утворюється магнітне поле, що проходить через осердя. Особливістю магнітного поля створеного електромагнітами є те, що його сила та полярність залежить від зміни величини та напрямку електричного струму, що тече по обмотці.

Тому підвищення ефективності розвитку об'єктів найбільш придатними є постійні магніти і електромагніти.

Будь-який живий організм має своє власне електромагнітне поле. В основному це обумовлено тим, що нейрони у нервовій системі є носіями електричного заряду. При цьому у крові та в різних клітинах нашого організму є іони металів. В результаті ці компоненти чутливі до зовнішніх магнітних полів.

Якщо знизити рівень зовнішнього магнітного поля (наприклад, помістити живий організм у залізний ящик), це призведе до порушення магнітного поля в кровоносній системі. Внаслідок цього відбудеться порушення кровообігу, транспортування кисню та поживних речовин до організмів та тканин, що в результаті може призвести до розвитку хвороб.

У цьому магнітне поле впливає на швидкість руху іонів кальцію. В результаті цього явища кальцій швидше надходить у пошкоджені кістки, і вони швидше зростаються. Але при цьому відбувається швидке вимивання кальцію з хворого враженого артритом суглоба.

Живі істоти відчують як напрямок магнітного поля, а й його величину. Зменшення магнітного поля погано переносяться живими організмами.

Впливу електромагнітних полів, присвячено безліч статей та авторських публікацій, однак, у більшості з них описані ефекти, що надаються полями радіо- та мікрохвильової частоти або, останніми роками, промислової частоти (50...60 Гц). Дослідження біологічних ефектів постійних магнітних полів

сконцентровані на великих полях рівня полів у приладах MRI (магнітно-резонансних томографах), які зазвичай становлять кілька Тесла (кілька десятків тисяч Гаусс). На жаль, дослідження впливу полів, типових для продуктів магнітної терапії, більшість з яких обмежена декількома сотнями гаусс навіть на поверхні магніту, дуже нечисленні. Проте основні механізми впливу магнітних полів на біологічні організми, що дозволяють розвивати магнітну терапію, відомі.

Ці механізми включають:

- 1) збільшення кровотоку в результаті зростання вмісту кисню (обидва ці явища лежать в основі здатності організму до самовідновлення);
- 2) зміна швидкості міграції іонів кальцію, внаслідок чого, з одного боку, кальцій швидше надходить у зламану кістку, і вона швидше зростається, а з іншого боку, кальцій швидше вимивається з хворого на уражений артрит суглоба;
- 3) зміна кислотно-лужного балансу (рН) різних рідин у тілі людини та тварин (дисбаланс часто є наслідком хвороби);
- 4) зміна вироблення гормонів ендокринними залозами;
- 5) зміна ферментної активності та швидкостей різних біохімічних процесів;
- 6) зміна в'язкості крові.

Людське тіло з магнітної точки зору є інертним матеріалом, основним вмістом якого є вода. Під впливом магнітного поля хімічна структура води не змінюється, але змінюється морфологія та сила зчеплення низки домішок. Як відомо, при магнітній обробці води кальцієві домішки ( $\text{CaCO}_3$ ) втрачають здатність випадати в осад у вигляді щільного каменю і кристалізуються у вигляді дрібнодисперсної суспензії. При контакті води, що піддалася магнітній обробці, з солями, що вже виділилися, відбувається їх часткове розчинення, а також руйнування до стану дрібного легковидаленого шламу, який уловлюється стандартними фільтрами очищення від механічних домішок. Магнітна обробка води, таким чином, має, безумовно, технічне (захист котлів, трубопроводів, бойлерів тощо) значення, а не лікувальне.

Було підтверджено, що магнітне поле Землі впливає на живі організми. Живі істоти не тільки сприймають електромагнітні потоки, але й генерують власні. Вплив магнітного поля на тварин сприятливо позначається їх здоров'я.

Без магнітного поля тварини гинуть.

Магнітне поле також впливає на ріст та розвиток рослин. Магнітні поля впливають на дихання проростків, споживання крохмалю проростаючому насінні. Під впливом магнітного та електричного полів у рослин збільшується схожість, швидкість проростання. Внаслідок цього відбувається збільшення врожайності рослин. Навіть невелике зовнішнє магнітне поле має непоганий вплив на проростання рослин та насіння. У рослин, які тривалий час перебували в середовищі без магнітного поля, наголошується багато порушень. У немагнітному середовищі у проростків ячменю навіть за короткий час порушувалася добова ритмічність виділення органічних речовин

корінням у порівнянні з такими ж проростками, що знаходяться в геомагнітному полі [6].

Таким чином, найбільший інтерес викликає вплив магнітного поля на рослини. Використання магнітного поля під час вирощування розсади овочевих культур дозволить збільшити інтенсивність їх розвитку.

#### **Список використаних джерел**

Кострюкова Н.К. [Влияние гелиогеофизических факторов на инфекционный процесс](#)/ Н. К. Кострюкова, А. Б. Гудков, В. А. Карпин // Экология человека. 2004. Вып. 3. С. 55–59.

Гак Е.З. Магнитные поля и водные электролиты в природе, научных исследованиях, технологиях. - СПб. : Элмор, 2013. — 535 с.

Davis A.R., Rawls W.C. Jr. Magnetism and its effects on the living system. New York, 1975.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ВИКОРИСТАННЯ ПРАВИЛ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ ПРИ УСУНЕННЯ НЕПОЛАДОК РОТОРА ЕЛЕКТРОДВИГУНИ**

*Носань С. В. e-mail: sergii.nosan@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

В енергетиці пошкодження роторного обладнання є одним з видів відмови роботи електродвигунів. У той же час на сьогоднішній день відсутній захист від міжвиткового замикання в обмотці ротора, а діагностується такий дефект, як правило, тільки на зупиненому двигуні або за характеристикою холостого ходу. Виявлення міжвиткового замикання на ранній стадії в експлуатаційних режимах роботи дозволило б не тільки оптимізувати режим роботи двигуна, але і продовжити термін його експлуатації. Отримати автоматизовану систему технічної діагностики міжвиткових замикань в роторі, яка здатна селективно виділяти інформацію про виникнення дефекту, можливо за допомогою використання алгоритму нечітких висновків із сукупності чутливих до даного виду пошкодження методів на основі існуючих непрямих ознак.

Використання нечіткої логіки при вирішенні задачі виявлення дефекту ґрунтується на взаємозв'язку між дефектом і діагностичними ознаками, які виділяються з спостережуваних параметрів. При цьому треба врахувати, що кожна із складових частин включає в себе елемент нечіткості, а також те, що внаслідок особливостей отримання первинної інформації (шуми, помилки вимірювання) висновки не можуть чіткими [1, 2].

Різні відхилення параметрів і дефекти, що виникають в об'єкті діагностики, можуть одночасно впливати на що виділяється ознака. При цьому вплив дефекту на кожен з ознак може варіюватися від дуже сильного до повної

відсутності будь-якого впливу. Для використання елементів нечіткої логіки задати лінгвістичні змінні (терми). У нашому випадку для опису наявності міжвиткових замикань -  $W$ , для опису наявності вібрації -  $XВ$ , для опису рівня відхилення регулювальної характеристики -  $XР$ . Прийmemo, що ці змінні можуть набувати значень згідно табл. 1.

Таблиця 1 - Лінгвістичні значення

Символьне позначення	Пояснення
NB	Негативне велике (наявність стійких ознак розвитку дефекту)
NM	Негативне середнє (наявність стійких ознак дефекту)
NS	Негативне мале (наявність ознак аварії на початковому етапі)
PS	Позитивне мале (відхилення ознак на рівні норми)
PB	Позитивне велике (всі параметри на рівні в нормі)

Робота системи діагностики технічного стану ротора на основі нечіткої логіки умовно розбивається на два етапи (рис. 1) [2]:

перетворення вхідних абсолютних значень в лінгвістичні (фазифікації);  
логічний висновок з використанням попередньо складеної бази знань.

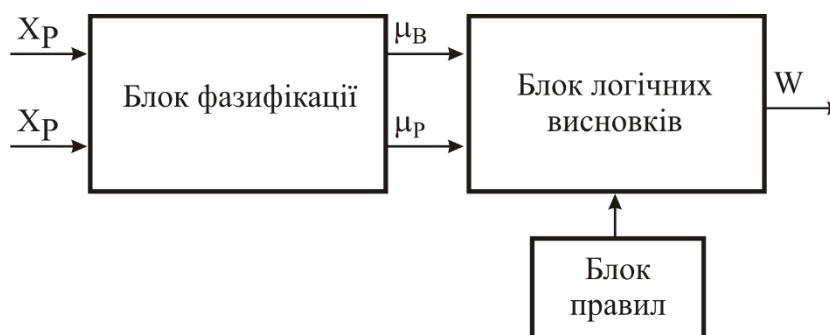


Рисунок 1 - Експертна система діагностики міжвиткових замикань обмотки ротора на основі нечіткої логіки

Визначено, що чутливість методу виділення ознаки міжвиткового замикання в обмотці ротора, заснованого на аналізі, відхилення регулювальної характеристики в 2,5...3,5 % витків [3]. Виходячи з цього, були визначені наступні ключові значення для терму  $XР$  (рис. 2).

При визначенні терма  $XВ$  виходимо з того, що дана ознака є підтверджуючою і не має чітких граничних значень. Для вібрації існує нормативне значення, відхилення в бік збільшення або зменшення необхідно сприймати як поява змін в машині, джерелами яких може бути в тому числі і дефект в обмотці ротора. Виходячи з цього, були визначені терми для  $XВ$  (рис. 3).

Терм для вихідної змінної  $W$ , виходячи з п'яти лінгвістичних значень стану дефекту - табл. 1, задаємо наступні (рис. 4).

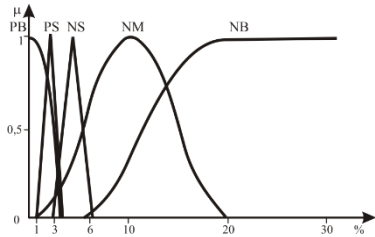


Рисунок 2 - Вхідні терми "Відхилення регулювальної характеристики"

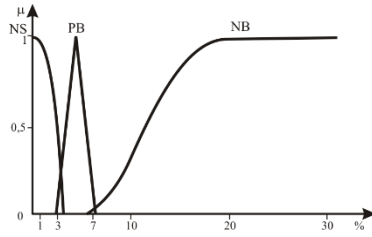


Рисунок 3 - Вхідні терми "Вібрація"

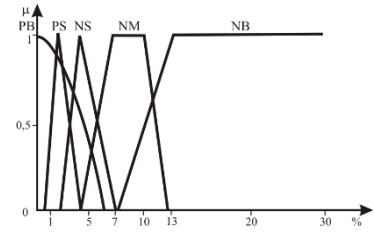


Рисунок 4 - Вихідні терми "Міжвиткове замикання"

Взаємозв'язок між діагностичними ознаками і дефектами формується на основі бази правил. Отримання нечіткого виведення проводиться за певним алгоритмом. Основою для проведення операції нечіткого логічного висновку є база правил, що містить нечіткі висловлювання у формі "ЯКЩО" - "ТО" і функції приналежності для лінгвістичних термів. Для виявлення дефекту виткове замикання була сформована база правил табл. 2 [4, 5].

Таблиця 2 - База правил виявлення дефекту

№	XP	XB	W	№	XP	XB	W
1	PB	PB	PB	9	NM	NS	NM
2	PS	PB	PS	10	NB	NS	NB
3	NS	PB	PS	11	PS	NB	PS
4	NM	PB	PS	12	NS	NB	NS
5	NB	PB	PS	13	NM	NB	NM
6	PB	NS	PB	14	NB	NB	NB
7	PS	NS	PS	15	PB	NB	PS
8	NS	NS	NS				

П.1: ЯКЩО XP PB І XB PB, ТО W ∈ PB [F1] ;

П.2: ЯКЩО XP PS І XB PB, ТО W ∈ PS [F2];

П.15: ЯКЩО XP PB І XB NB, ТО W ∈ PS [F15],

де  $F_i$  - експертна оцінка достовірності існуючого правила. Цей коефіцієнт визначає значимість правила в ступені дійсності висновку, отриманого з  $i$ -го нечіткого правила.

Всі 15 правил (табл. 2) мають складений висновок. Так як логічна зв'язка представлена оператором "І", то функція приналежності висловлювання в ув'язненні є

$$\mu' = \min\{\mu(X_P), \mu(X_B)\}$$

Надалі все нечіткі множини, призначені для кожного терма кожної вихідної лінгвістичної змінної, об'єднуються разом, і формується єдина нечітка множина - значення для кожної виведеної лінгвістичної змінної [4, 5]. Для перевірки працездатності методу виявлення короткозамкнених витків в обмотці ротора була розроблена експериментальна установка (рис. 5). Сигнали були оцифровані за допомогою багатофункціонального пристрою введення / виводу PCI 6024E і оброблені в програмному комплексі LabView [6, 7].

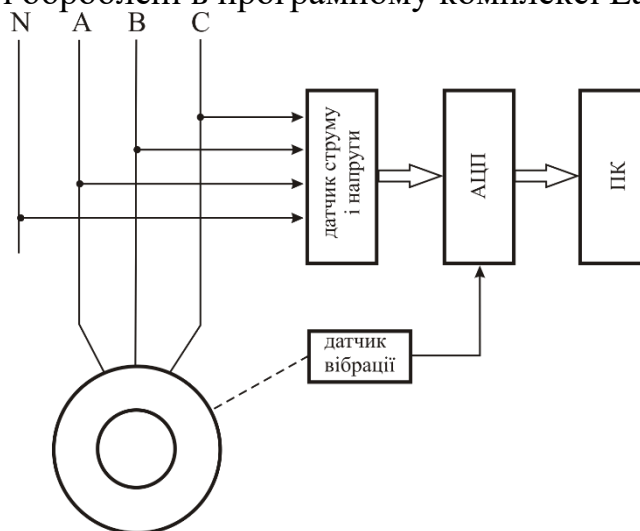


Рисунок 5 – Структурна схема установки по визначенню міжвиткових замикань ротора

При наявності короткозамкнутого витка система видала результат у вигляді нечіткого висновку NS (негативне мале, наявність діагностичних ознак аварії на початковій стадії розвитку), що говорить про наявність стійкого ознаки міжвиткового замикання. При 50% ексцентриситеті спостерігалось збільшення вібрації, але система не видала висновку про наявність міжвиткового замикання, що означає логічно правильну роботу системи.

У даній роботі була розроблена система діагностики технічного стану роторного обладнання на базі нечіткої логіки, яка здатна селективно розділити діагностичні ознаки міжвиткового замикання обмотки ротора синхронного генератора.

#### Список використаних джерел

- Рутковский, Лешек. Методы и технологии искусственного интеллекта / Л. Рутковский; пер. с польск. - М.: Горячая линия-Телеком, 2010. - 520 с.
- Батыршин И. З. Основные операции нечеткой логики и их обобщения / И. З. Батыршин. - Казань: Отечество, 2001. - 100 с.
- Ящура А. И. Система технического обслуживания и ремонта общепромышленного оборудования. Справочник / А. И. Ящура. - 2006. - 320 с.
- Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 719 с.



Белов В. В. Распознавание нечётко определяемых состояний технических систем / В. В. Белов, А. Е. Смирнов, В. И. Чистякова. – М.: Горячая линия – Телеком, 2012. – 138 с.

Павлов А. Н. Принятие решений в условиях нечеткой информации: учеб. пособие / А. Н. Павлов, Б. В. Соколов; ГУАП – СПб., 2006 – 72 с.

Акіменко В. В. Проектування СППР на основі нечіткої логіки. Навчально-методичний посібник / В. В. Акіменко, Ю. В. Загородній. – К.: Вид-во КНУ, 2007. – 94с.

Лобода О. І. Обґрунтування застосування нечітких регуляторів в системах автоматичного керування технологічними процесами / О. І. Лобода. Праці / Таврійського державного агротехнічного університету - Вип. 12, Т. 5 – Мелітополь: ТДАТУ. – 2012. – 206 с.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **АДАПТИВНИЙ КОМПЛЕКС КЕРУВАННЯ ОСВІТЛЕННЯМ ВИРОБНИЧОГО АБО ПОБУТОВОГО ПРИМІЩЕННЯ**

*Сидельніков Б. Ю., e-mail: [bogdansidelnikov@gmail.com](mailto:bogdansidelnikov@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Поняття "система керування освітленням" характеризується як інтелектуальна система пристроїв з контролю над освітленням. Така система включає в себе різні реле, датчики присутності, світлові перемикачі, в тому числі і сенсорні. Вона також може вловлювати сигнали від інших систем будівлі (такі як пожежна сигналізація). Регулювання системи відбувається як локально, так і через центральний комп'ютер, за допомогою програмного забезпечення або інші інтерфейсні пристрої.

Основною перевагою системи керування освітленням над автономним або над звичайним ручним перемиканням світла є здатність контролювати окремі світлові прилади або групи приладів з єдиного центру. Можливість одночасно контролювати кілька джерел світла з одного пристрою дозволяє створити потрібну світлову атмосферу, в залежності від призначення приміщення в той чи інший період часу. Одним з найважливіших переваг системи керування освітленням є зниження енергоспоживання. Ще одна перевага - це збільшення тривалості терміну служби електричних ламп за рахунок енергозбереження. Бездротові системи керування освітленням також дозволяють знизити витрати на установку і припускають більше варіантів розміщення датчиків і вимикачів.

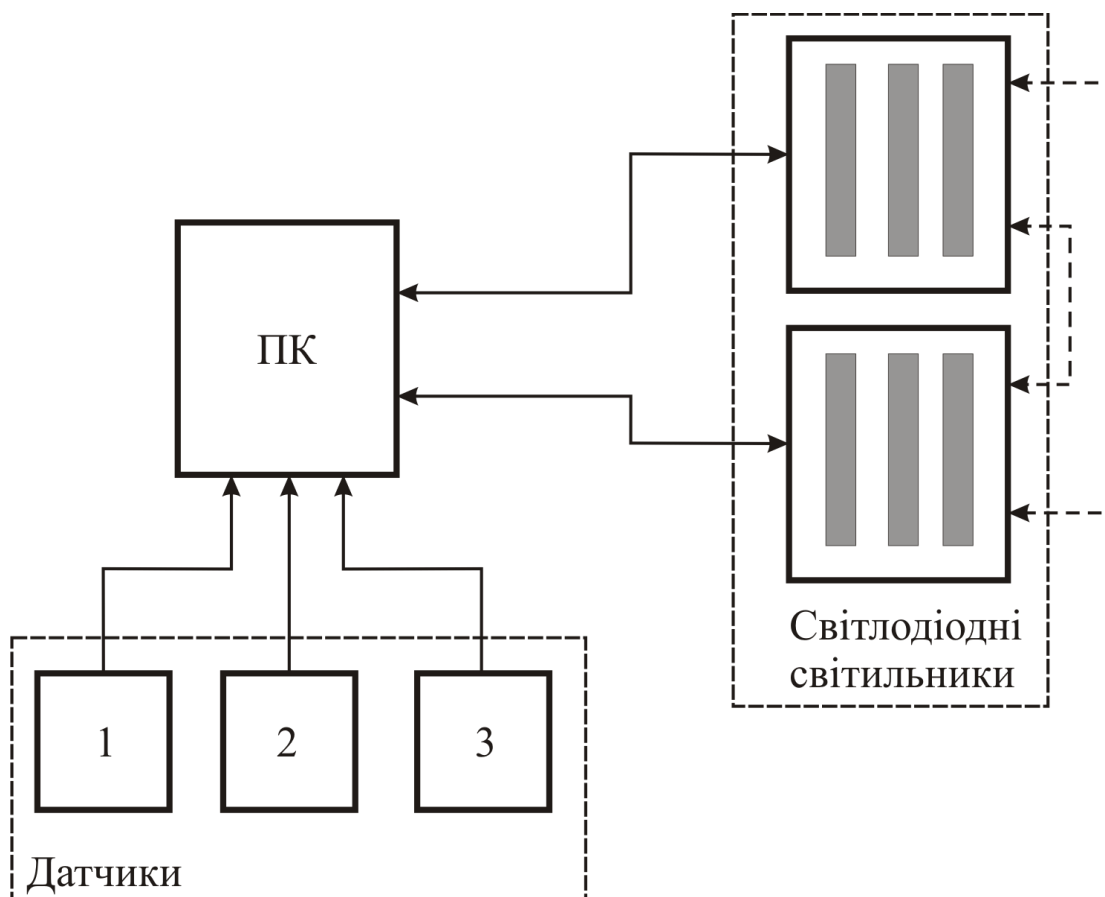
Система керування освітленням, що розробляється складається з персонального комп'ютера, спеціалізованого програмного забезпечення, світильників з блоком керування і драйвером регулювання яскравості, які пов'язані між собою за допомогою бездротової мережі. Персональний

комп'ютер з встановленим на нього спеціалізованим програмним забезпеченням служить джерелом сигналу [6]. Наша система має найбільш широкі можливості з усіх вбудованих систем і вона дозволяє:

- застосовувати будь-які кольородинамічні ефекти як для групи, що складається з однакових світлодіодних світильників, так і для групи, що складається з світильників різних моделей;
- створювати, зберігати і редагувати сценарії підсвічування і освітлення будь-якої тривалості, що складаються з будь-якої кількості ефектів;
- регулювати яскравість і насиченість світла;
- контролювати рівень споживання струму;
- переглядати створений сценарій освітлення в режимі реального часу (наприклад, за допомогою єдиного диспетчерського центру керування та моніторингу роботи всієї системи, встановленого в центрі енергозбереження);
- додавати нові пристрої в мережу, що відбивається тільки на програмі комп'ютера (наприклад, буде можливо збирати дані лічильників води або контролювати відкривання дверей в приміщенні);
- можливість автоматичного включення освітлення за фактом наявності людей в приміщенні; тимчасові інтервали таймеру затримок вимкнення освітлення від датчиків руху і датчиків освітленості, що можуть задаватися користувачем в процесі експлуатації;
- можливість контролю позаштатних ситуацій: аварії, пожежі, несанкціонованого доступу в приміщення, що охороняються.

До того ж для розширення можливості моніторингу і керування всією системою можна підключити зовнішній ПК до інтернету, що дозволить легко через телефонну мережу отримувати відомості про роботу і стан світильників в приміщеннях.

На рисунку 1 показаний приклад функціонування системи керування освітленням.



1 - 3 – параметри, що вимірюються (присутність людей, освітленість в приміщенні, зовнішнє освітлення); ПК - персональний комп'ютер; суцільні лінії - безпроводні лінії зв'язку

Рисунок 1 – Структурна схема роботи системи керування освітленням

Розробка системи передбачає такі основні етапи.

1. Розробка технічного завдання, що передбачає розробку технічних вимог, проводиться патентно-інформаційний пошук, складається техніко-економічне обґрунтування на розробку з обґрунтуванням потреби, планованої вартості виробу і економічних параметрів впровадження.
2. Розробка конструкторської і технічної документації, тобто пишеться інформаційний звіт, розробляється проект технічних умов.
3. Виготовлення дослідних зразків - придбання матеріалів і комплектуючих, виготовляється дослідний зразок програмно-апаратного комплексу, проводяться випробування, допрацьовується дослідний зразок і коригується конструкторська документація за результатами випробувань, розробляються технічні умови і експлуатаційна документація.
4. Проведення випробувань дослідних зразків і розробка програми і методики випробувань, проводяться експлуатаційні та приймальні випробування, допрацьовуються дослідний зразок програмно-апаратного комплексу, конструкторська документація й експлуатаційний документ за результатами приймальних випробувань, затверджуються технічні умови.
5. Виготовлення промислових зразків з подальшим монтажем і наладкою.
6. Серійне виробництво готових до експлуатації виробів в необхідній кількості.

7. Оформлення дозвільної документації: оформлення охоронного свідоцтва (патенти) на корисну модель, отримання дозвільної документації на застосування і виробництво.

На даний момент є експериментальна партія світлодіодних світильників, оснащених розробленою системою керування, ведеться налагодження і проводяться випробування в різних режимах (табл. 1).

Таблиця 1 - Основні режими роботи системи освітлення

№	Режими освітлення	Їх функції	Особливості
1	Робоче	Забезпечення видимості. Контроль освітленості. Контроль присутності	Плавне регулювання інтенсивності світлового потоку. Включення, відключення і зміна яскравості світильників
2	Чергове	Освітлення для чергового персоналу. Вибіркове включення окремих світильників. Контроль присутності	Низький рівень освітленості. Робота в заданий проміжок часу (вночі)
3	Аварійне	Стабільне підтримку необхідного в аварійних ситуаціях рівня освітленості	Неможливість самостійного (без команди) переходу в інші режими

Дані світильники встановлені і здатні працювати як в ручному режимі (користувач сам задає рівень поточного освітлення, так і в автоматичному (користувач може задати уставку реакції світильника, і регулювання рівня штучного освітлення буде змінюватися в залежності від зовнішнього освітлення).

Система освітлення буде автоматично реагувати на присутність людини, відключаючи і включаючись при необхідності. Регулювання освітленості кожного світильника окремо дозволить забезпечити значну економію енергоспоживання. За допомогою єдиного диспетчерського центру управління та моніторингу можна буде контролювати стан окремо взятого світильника або всієї системи в цілому. Так само буде створено демонстраційний стенд системи освітлення всіх приміщень, який дозволить в режимі реального часу відслідковувати і автоматично керувати станом системи. Для забезпечення максимального комфорту система освітлення повинна забезпечувати найкращий колірний клімат, який представляє собою особливості спектрального складу освітлення. З метою оптимізації параметрів освітлення були проведені дослідження впливу колірної температури світлодіодних світильників на працездатність і емоційний стан людини.

Науковий пошук вітчизняних та зарубіжних дослідників [2, 3, 5] свідчить про помітний вплив рівня колірної температури світлового потоку джерел світла на циркадні ритми людини - циклічні коливання інтенсивності різних біологічних процесів, пов'язаних зі зміною дня і ночі. Прийнято вважати, що відпочинку та підготовки до сну сприяє висвітлення "теплих" тонів, для роботи рекомендується "нейтральна" (близько 4000 К) колірна температура, а більш "холодні" тони сприяють більш високій розумовій активності [2, 4]. Ці загальновідомі постулати базуються в основному на результатах наукових досягнень минулого століття, коли об'єктом наукових досліджень в сфері світлотехніки служили лампи розжарювання і газорозрядні джерела світла.

Таким чином, в зв'язку з тим, що сучасні світлодіодні світильники вимагають всебічного вивчення, зокрема, на предмет взаємозв'язку кольоросвітлового середовища, працездатності і емоційного стану людини, були проведені наукові дослідження.

Відповідно до загальноприйнятої доктрині, забезпечення високої достовірності результатів випробувань передбачено використання, як мінімум, двох репрезентативних вибірок. Одну з них називають "досвідченої" групою, а іншу – "контрольної". Тому тестування проводилося в двох приміщеннях з різними типами освітлення.

Аналіз результатів тестування показав, що у більше половини опитаних при освітленні світлодіодними світильниками з колірною температурою  $T_p = 5800$  К ("холодне світло") підвищувалася активність. Припущення про те, що зорова працездатність повинна корелювати з чотирма, досліджуваними режимами освітлення, підтвердилося. При тестуванні випробуваних в приміщенні зі світлодіодним освітленням і колірною температурою, що дорівнює 5800 К, порівняно з люмінесцентним освітленням темп виконання тестових завдань і продуктивність зростали до 15...20 % ( $p < 0,05$ ).

Виходячи з аналізуіснуючої проблеми можна зробити такі висновки: виявлено вплив різних режимів освітлення на психофізіологічний фон, зокрема тенденція до розслаблення при "теплому" світлодіодному освітленні ( $T_c = 2800$  К).

Практичне застосування освітлювальних установок, здатних змінювати інтенсивність і спектр випромінювання світильників, при необхідності імітуючи світловий день, буде сприяти підтримці сприятливого світлового мікроклімату в приміщеннях і оздоровлення психофізичного стану людей. Традиційна мережу електропостачання в даному випадку буде додатковим заходом, призначеним для забезпечення безперебійності електричного живлення освітлювальної установки.

Можливості практичного застосування результатів досліджень в економіці полягають в просуванні принципово нової продукції як каталізатора зростання відповідних секторів економіки.

**Список використаних джерел**

Аверьянов В. А. Исследование и оценка динамического по спектру освещения в производственных помещениях / В. А. Аверьянов, Н. М. Беляева, Н. И. Зоз, С. И. Мельникова // Светотехника. - 1981. - № 3. - С. 13-16.

Архангельский Д.В. Исследования влияния света на зрительную работоспособность и утомление человека с учетом его циркадных ритмов / Д.В. Архангельский, В.Ю. Снетков // Вестник Мрсковского энергетического института. -2012. - № 5. - С. 104-108.

Берзинь В.И. Гигиеническое обоснование оптимальной освещенности в учебных помещениях вузов / В.И. Берзинь // Светотехника. - 1978. - № 1- С. 17-19.

Кушлик Р.В. Електричне освітлення та опромінення / Навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В.Кушлик, В.Ф.Яковлев, Ю.М.Куценко, М.Л.Лисиченко, М.П.Кунденко. Х: ТОВ «Планета-прінт», 2016. - 332 с

С. Ри Марк, Дж. Фигуэро Марианна, Ди Баллоу Джей. Циркадная фотобиология: новые горизонты практической и теоретической светотехники / пер. А. Шаракшанэ // Полупроводниковая светотехника. - 2012.-№4. -С. 58-63.

Лобода О. І., Реалізація адаптивної системи автоматичного керування / О. І. Лобода, С. В.. Дубініна Праці // Таврійського державного агротехнічного університету: наукове фахове видання - Вип. 17, Т. 2 – Мелітополь: ТДАТУ. – 2017. – 148 с.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **ВПЛИВ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НА ТЕХНІЧНІ ТА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ**

*Чепак А. М. e-mail: [nastacepak349@gmail.com](mailto:nastacepak349@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

В сучасній електроенергетиці існують дві актуальні проблеми. Перша пов'язана з різноманітними електромагнітними впливами на електроустановки, інша обумовлена впливами електроустановок на навколишнє середовище. Тобто при збереженні умов нормального існування електроустановок і навколишнього середовища або ж їх відсутності можна говорити про їх ЕМС.

Збільшення чисельності населення, призводить до появи мегаполісів, в яких з кожним роком зростає кількість енергоустановок новітнього покоління, а так само збільшується споживання електроенергії, тим самим їх вплив часто створює пагубний вплив, для технічних, а особливо для біологічних об'єктів [1,2]. Тому при проектуванні і експлуатації електричних мереж мегаполісів необхідно забезпечення ЕМС на основі комплексу спеціальних засобів і заходів, які визначаються санітарними нормами.

Електромагнітне поле збуджує високо і низькочастотні, імпульсні та інші джерела. Однак можна вважати, що на промисловій частоті (50 Гц) діють електричне і магнітне поле при наявності напруги і струму на струмопровідних частинах енергетичних установок.

Вплив електромагнітного поля від діючих електроустановок на людину призводять до порушень фізіологічних функцій організму [3]. Серед них: стійке зниження працездатності; ослаблення імунної системи; підвищення збудливості нервової системи; гальмівний ефект; негативний вплив на м'язи і кістковий апарат організму [4]; перегрів тканин; негативні зміни в складі крові і ускладнення руху крові в кровоносних судинах; помутніння кришталіків очей і втрата зору; порушення гормональних і обмінних процесів; аритмія; динамічні порушення координації.

Найбільшою мірою схильний до впливу електромагнітних полів ремонтний персонал піддається впливу найжорсткіших електромагнітних полів, перебуваючи, на землі біля опори, на опорі, і безпосередньо на проводах.

Електромагнітна сумісність (ЕМС) - сучасне поняття, що виникло ще на початку розвитку електротехніки і яке набуває в даний час все більшого значення. З появою перших передавачів виникла необхідність узгодження частот і потужностей, з якими вони можуть працювати. Саме ЕМС визначає, чи можуть два різних електричних пристрою працювати поруч не заважаючи один одному. Вважається, що ця задача не має принципового рішення і абсолютна електромагнітна сумісність недосяжна, оскільки всі джерела, що генерують перешкоди, врахувати неможливо. Перенапруги, удари блискавки, статичну електрику, перехідні процеси виробничих механізмів, - ось тільки початок списку вагомих причин генерації перешкод, що заважають роботі приладів.

Прикладів впливу електромагнітних полів на технічні та біологічні об'єкти можна привести безліч, згадаємо ті, що найбільш часто зустрічаються в житті людини:

просторова нестабільність зображення монітора ПК, вслід впливу магнітної складової зовнішнього електромагнітного поля промислової частоти, наприклад, силових кабелів, прокладених поруч;  
вплив електромагнітних полів, створених лініями електропередачі, особливо надвисокої напруги 220 кВ і вище, на біологічні та технічні об'єкти;  
гуляючи струми по батареях і трубах в будівлях, внаслідок порушення вимог щодо підключення та заземлення обладнання, як наслідок уколи струму при дотику до водопровідних кранів, на трубах з'являються маленькі дірочки;  
короткі замикання, що відбуваються на шинах розподільних пристроях станцій і підстанцій, що здатні приводити до вигорання вторинних кабелів;  
коротке замикання спільно з поганим станом контуру заземлення (корозія, розриви), що призводять до підвищених потенціалом на заземлювальному пристрої;

комутації високовольтного обладнання на підстанціях призводять до появи періодичних швидкозагасаючих високочастотних коливань, здатних поширюватися по контурах заземлення;  
 вплив на обладнання радіопередавальних пристроїв;  
 відмови систем контролю і керування АЕС;  
 відмови систем контролю і керування на виробництві, в тому числі і хімічному;  
 відмови бортових систем літаків і аеродромних систем наведення;  
 збої медичної апаратури діагностики та життєзабезпечення;  
 втрати інформації в комп'ютерах (особливо відчутні втрати в електронних системах платежів).

Наведені приклади показують, що забезпечення якості продукції за параметрами електромагнітної сумісності безпосередньо пов'язано з безпекою продукції для життя, здоров'я, майна споживачів і охороною навколишнього природного середовища.

Проблеми електромагнітної сумісності в побутовому споживанні мегаполісів, створюють електроустановки, що забезпечують електроживлення квартир, офісів, магазинів та інше тобто це елементи внутрішніх мереж: кабельні лінії загального користування, розподільні щити [1,5].

При цьому в загальній картині електромагнітного поля повинні враховуватися електроустановки не тільки ті, що розташовані в даному приміщенні, а й сусідніх і суміжних. Йдеться тільки про магнітну напруженість, оскільки для побутових мереж 0,4 кВ електричну складову можна не розглядати, тому що напруженість електромагнітного поля промислової частоти практично завжди менше допустимого рівня в 500 В/м.

На рис. 1 і 2 представлені результати комп'ютерних експериментів по визначенню напруженостей магнітного поля промислової частоти в житловій квартирі при розміщенні джерел поля за стіною в суміжних приміщеннях [6,7] у вигляді графіків залежностей напруженостей магнітного поля від відстані по одній зі сторін кімнати, відповідно, на віддаленні 0, 0.5 і 1 м від іншої.

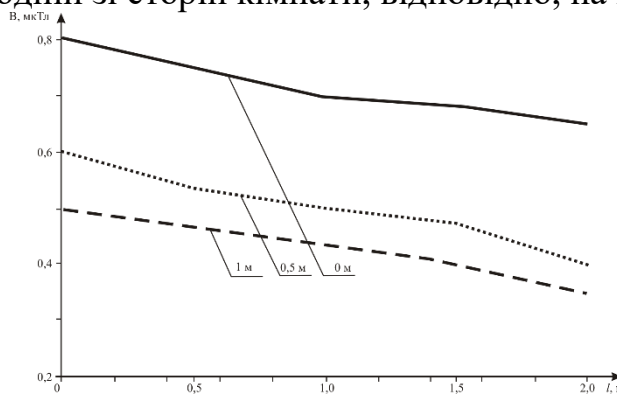


Рисунок 1 – Вплив електромагнітного поля від загального силового кабелю у під'їзді будівлі

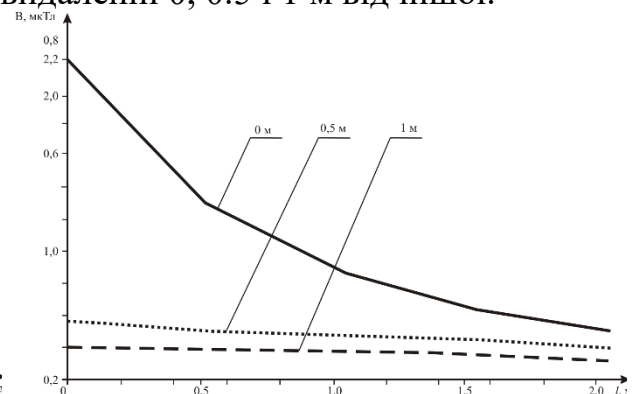


Рисунок 2 - Вплив електромагнітного поля від кабельної лінії, що проходить в під'їзді по зовнішній стіні



Наведені результати показують, що більша частина житлового приміщення знаходиться в зоні перевищення допустимого значення 0,2 мкТл. Тому необхідний аналіз і реалізація заходів щодо обмеження електромагнітного забруднення як існуючого, так і знову споруджуваного житлового фонду. При цьому потрібно враховувати такі фактори: збільшення робочих струмів і магнітних напруженостей; ретельне обґрунтування внутрішньобудинкових трас живлення кабельних ліній і застосування захисних екранів; необхідні перевірки з урахуванням положення електромагнітної сумісності в частині захисту від високих значень напруженості магнітного поля промислової частоти.

Необхідно відмовитися від чотирьохпровідного виконання внутрішньобудинкових мереж, в якому нульовий провід і три фазних мають рівні перетини. Численні аварії, пов'язані з пожежами від перегріву нульового проводу із-за зношення контактів і скруток. Реконструювати внутрібудинкову мережу шляхом збільшення перерізів, переходу від алюмінієвих провідників на мідні.

Повітряні лінії електропередач високої напруги під навантаженням і навіть на холостому ходу несприятливо впливають на навколишнє населення і особливо обслуговуючий персонал внаслідок впливу магнітного і електричного поля.

На підставі скарг електротехнічного персоналу та населення, яке мешкає поблизу ліній електропередач високої напруги встановлено, що тривале систематичне перебування людини в електричному полі з високою напруженістю ( $E > 5$  кВ/м) і вище негативно позначається на його самопочутті [8]. Тому в ряді місць, на підстанціях і лініях в міських умовах, де можливе підвищене значення  $E$ , рекомендується встановлювати стандартні екрануючі пристрої у вигляді козирків, навісів чи перегородок із заземлених металевих сіток.

Чимало важливим аспектом розглянутих впливів висовольтних ліній на людей є акустичні перешкоди високої інтенсивності [9], які також несприятливо позначаються на фізичному стані, самопочутті і працездатності. У точках неоднорідності (задирки, забруднення, і особливо краплі дощу) напруженість виявляється підвищеною, і в результаті виникає місцева корона. Найбільш сильні перешкоди спостерігаються при мряці, коли вібруючими елементами виявляються краплі дощу у поверхні дроту, тому ВЛ 110-220 кВ при дощі "шарудять" і "шиплять", ПЛ 330 500 кВ "гудуть", а ПЛ 750 кВ "ревуть" [8].

Як зазначалося, великі акустичні перешкоди можуть виникати також поблизу потужних трансформаторів, автотрансформаторів і реакторів. При цьому вібрують сталеві листи магнітопроводів і мідні дроти обмоток, особливо, якщо частота власних коливань їх елементів близька до 100 Гц.

Щоб уникнути негативних впливів вібрацій на здоров'я людей рекомендується:

обмежити тривалість перебування людей в зоні сильних вібрацій, наприклад, близько силових трансформаторів і шунтуючих реакторів;

працювати в зонах інтенсивних вібрацій в активфонах, в значній мірі послаблюють перешкоди від вібрацій;

зменшити інтенсивність корони шляхом застосування розщеплених проводів ліній 330 кВ і вище.

Далі відзначимо також положення і заходи, пов'язані із захистом від негативного впливу підземних і підводних ліній електропередач.

Одночасно і поліпшити тепловий режим роботи кабельної лінії, і підвищити економічність її експлуатації можна розмиканням шляху, для протікання струмів в екранах або електромагнітної їх компенсацією на ділянці будівельної довжини за допомогою транспозиції екранів фаз.

При односторонньому розмиканні екранів і при їх транспозиції в місцях розриву екрану слід встановлювати обмежувачі перенапруг (ОПН). Розрахунки показують, що в цих випадках можна використовувати захисні апарати з дуже малою енергоємністю.

Існуючі підстанції мегаполісів є причиною і джерелом не тільки електромагнітних завад, а й різноманітних екологічних, біологічних та інших порушень умов життя населення.

Пошкодження силових трансформаторів трапляються відносно рідко. У багатьох енергосистемах пошкодженість складає долі відсотка в рік. На порядок рідше випадки, коли пошкодження супроводжуються пожежею. Проте екологічний збиток, що виникає в цих випадках, вкрай небажаний. Іноді джерелом пожежі є високовольтні вводи, що мають просочену маслом ізоляцію.

У разі важкого пошкодження, коли відбувається електричний пробій ізоляції лінійного відводу на землю в потужному трансформаторі, захисні пристрої іноді, не здатні ні відключити трансформатор від мережі за досить короткий проміжок часу, ні знизити тиск в баку. В цьому випадку можливий розрив бака, що призведе до розливу великої кількості масла.

Виходячи з аналізу проблеми електромагнітної сумісності можна зробити такі висновки:

Впливи електромагнітних полів особливо небезпечні на біологічні об'єкти і, перш за все, населення, тому що вони призводять до порушень фізіологічних функцій живих організмів.

Максимальні значення електромагнітного поля в зонах роботи персоналу досягають, відповідно, 2000...2500 кВ/м і 1000 А/м і більше. Поблизу струмоведучих частин великого числа різноманітних електроустановок і пристроїв напруженість може досягати 400 500 А/м, що вимагає спеціального захисту у вигляді екранування та інших спеціальних заходів.

Для побутових мереж напругою 0,4 кВ напруженість електричного поля практично завжди менше допустимого для цих умов рівня 500 В / м, який регламентується санітарно-гігієнічними нормами.

Проблеми, пов'язані з магнітним полем промислової частоти, повинні розглядатися не тільки для технічних об'єктів і пристроїв з точки зору безпеки обслуговуючого чергового і ремонтного персоналу, а й для населення.

#### **Список використаних джерел**

Гольдштейн В. Г. Современные проблемы электроснабжения мегаполисов / В. Г. Гольдштейн, Ф. Х. Халилов, С. Е. Кокин, Д. В. Кузнецов, С. В. Смоловик. - Москва: Энергоатомиздат, 2015. - 300 с.

Наказ МОЗ України від 30.11.2020 № 2760 "Про затвердження Зміни до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань". - Зареєстровано у Міністерстві юстиції України 08 січня 2021 року за № 26/35648

Влияние СВЧ - излучений на организм человека и животных / Под ред. И.Р. Петрова. Л.: Медицина, 1970.

Уилльямс Т. ЭМС для разработчиков продукции / Т. Уилльямс. – М.: Издательский дом "Технологии", 2003. – 540 с.

Дейс Д.А. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие / Д.А. Дейс. – Чита, ЧитГУ, 2008. – 171 с.

Харлов Н. Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: учебное пособие / Н. Н. Харлов. – Томск.: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 200 с.

Безменова Н. В. Электромагнитные поля промышленной частоты в электрических сетях и распределительных установках / Н. В. Безменова, В. М. Салтыков. - М.: Машиностроение, -206 с.

Ефанов В. И. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств и систем. Учебное пособие / В. И. Ефанов, А.А. Тихомиров. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 228 с.

Лобода О. І. освітній портал ТДАТУ. Лекції з дисципліни "Конструювання електротехнічного обладнання [Електронний ресурс]. Режим доступу. ∴ <http://op.tsatu.edu.ua/course/view.php?id=1368>

Кужекин И. П. Основы электромагнитной совместимости современного энергетического оборудования: учебное пособие / И. П. Кужекин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 144 с.

**Науковий керівник:** Лобода О. І., к.т.н., кафедри ЕіА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## МЕТОДИКА АВТОМАТИЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ОБСЯГУ ПОЛИВУ РОСЛИН У ТЕПЛИЦЯХ

*Беляєва А.С., belyaevanastya02@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Одним з визначальних факторів забезпечення високих врожаїв рослин в умовах теплиці, а отже, і економічної окупності тепличних підприємств, є забезпечення рослин в споруді вологою через полив. Слід врахувати, що наявні приладні методи визначення водного стану рослин чи вологості ґрунту у теплиці ускладнено тим, що застосування означених приладів є утрудненим, оскільки ці прилади утруднюють вільне проведення необхідних технологічних операцій, а до того ж потребує певних витрат, а також кваліфікованого персоналу для обслуговування, зчитування та інтерпретації показань цих приладів. Саме тому найбільш привабливими для практичного виробництва є методи автоматичного визначення обсягу поливу з мінімальним використанням приладної частини – тобто методи, що є засновані на використанні моделей технологічного процесу поливу або ж моделей водного балансу рослин. Для цього найбільш придатні методи моделювання, зокрема і методи машинного навчання та DataScience.

Слід зазначити, що самі по собі моделі процесів транспірації (тобто випаровування води рослинним організмом) є досить складними, оскільки потребують також і врахування параметрів середовища, в якому знаходиться рослина, оскільки ці параметри впливають на процес транспірації, а отже, і поглинання та випаровування води рослинами, а також утримуючим субстратом, що може бути як ґрунтом, так і іншим, неґрунтовым субстратом, що також впливає на потребу в поливі та на його обсяг [1, 2]. Саме тому більш привабливим для практичного виробництва буде використання безпосереднього вимірювання величини випаровування води ув умовах конкретної споруди з вільної водної поверхні, що можна реалізувати досить простими приладами. Власне, в межах споруди закритого ґрунту достатнім у більшості випадків буде встановлення одного такого приладу. Оскільки в зоні розташування рослин градієнт вологості зазвичай не становить значної величини а також існує досить ефективно перемішування повітря у споруді, що обумовлене самими технологічними умовами та наявністю температурних градієнтів, що викликає інтенсивне перемішування повітря в межах споруди. В якості такого приладу можна навіть використовувати достатньо високу скляну трубку з мітками рівня з вільною поверхнею, в яку налита вода. Вимірювання рівня рідини в такому приладі досить легко здійснювати автоматично з достатньою точністю, але у малих спорудах це можна робити в ручному режимі лише 1-2 рази на добу.

Таким чином, для визначення величини транспірації та обсягу поливу (оскільки полив повинен повністю компенсувати випаровування з ґрунту або

субстрату та транспірацію від рослин) можна використовувати досить близьку до лінійної залежність між транспірацією від рослини  $E_p$  (мм) та величиною випаровування з вільної водної поверхні  $E_{vv}$  (мм) за умови, що рослина та прилад знаходяться в однакових умовах оточуючого середовища[2, 3]:

$$E_p = K * E_{vv}, \quad (1)$$

Як показують дослідження, в цьому рівнянні коефіцієнт пропорційності  $K$  є залежним головним чином від площі (або коефіцієнту) листової поверхні рослини, конкретного виду, сорту та інших факторів розвитку рослин. Таким чином, визначення такого коефіцієнту перш за все необхідно визначати для конкретних видів та сортів рослин. Слід зазначити, що в більшості споруд захищеного ґрунту практикується вирощування рослин одного сорту та виду, що в даному випадку дає можливість використовувати цей метод у промислових масштабах, де він буде виправданим через те, що технологічний процес вирощування як правило не змінюється на протязі кількох років, включно з сортом рослин, що вирощуються.

Таким чином, постає питання про те, як визначити та врахувати саме такий показник, як площа листової поверхні. Звичайно, можна визначати цей показник на основі спостереження за допомогою промислових камер, розташованих біля верхньої конструкції теплиці, де обладнання не буде заважати проходженню технологічних процесів. Однак більш доцільним буде обрати інший шлях. Відомо, що для більшості рослин у процесі їх розвитку його хід підкоряється так званій S-подібній кривій, тобто зміна обсягу поверхні рослини (а також її маси) йде таким чином: на початку розвитку цей показник змінюється повільно і має невелике значення, потім розвиток прискорюється, а після досягнення зрілості (як правило, фази плодоношення) знову суттєво уповільнюється, переходячи до стабілізації на високому рівні. Власне, дослідження показують, що площа листової поверхні (а отже, і величина сумарної транспірації) для таких рослин, як томати, огірки, баклажани, перець зростають згідно згаданої вище S-подібної кривої, проте для деяких видів та сортів для них є характерним зменшення листової поверхні (тобто і транспірації) дещо зменшується.

Зі сказаного вище можна зробити висновок, що величина згаданого у формулі (1) коефіцієнту пропорційності між транспірацією та випаровуванням з вільної водної поверхні явно залежить від віку рослини (або, з врахуванням сталості протікання технологічних процесів у теплицях з забезпеченням досить точного регулювання параметрів мікроклімату - від строку вирощування рослин у теплиці), при цьому така залежність скоріше за все матиме досить просту поліноміальну форму, де порядок поліному скоріше за все не буде досить великим, тобто, скоріше за все не буде перевищувати значення 4-5. Визначення такої залежності з встановленням конкретних значень для коефіцієнтів та порядку поліному є доволі нескладною задачею при вимірюваннях значень транспірації в лабораторних умовах з приблизним

дотриманням параметрів середовища з наближенням до тих значень параметрів, які будуть мати місце у промисловій споруді, тим більш, що такі параметри є відомими та визначеними розробленими технологіями. Для цього доцільно скористатися відомими (досить розробленими та простими) методами Data Science [4, 5].

#### **Список використаних джерел.**

1. Ling P. 2002. Humidity Management. Ohio Florists' Association Bulletin. November issue. p. 8-9.
2. Katsoulas N., Stanghellini S. Modelling Crop Transpiration in Greenhouses: Different Models for Different Applications. - Agronomy 2019, 9(7), 392; <https://doi.org/10.3390/agronomy9070392>
3. F. Orgaz, M.D. Fernandez, S. Bonachela, M. Gallardo, E. Fereres Evapotranspiration of horticultural crops in an unheated plastic greenhouse // Agricultural Water Management. – 2005. - №72. - P. 81–96.
4. Lohr, S. 2015. The Internet of Things and the Future of Farming. Retrieved October 21, 2020, from <https://bits.blogs.nytimes.com/2015/08/03/the-internet-of-things-and-the-future-of-farming/>
5. Matthews, K. 2019. 6 Ways the Agricultural Industry Is Benefiting From Data Scientists. Retrieved from <https://towardsdatascience.com/6-ways-the-agricultural-industry-is-benefiting-from-data-scientists-b778d83f61db>

**Науковий керівник:** Сабо А. Г., к.т.н., доцент кафедри ЕІА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## **СУЧАСНЕ ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ MATLAB.**

*Шквиря В.В., [greejin2011@gmail.com](mailto:greejin2011@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Моделювання є основою пізнання людиною навколишнього світу. Проводячи експерименти, теоретичні дослідження, навіть обговорювання власних дій, намірів, висновків, ми фактично здійснюємо моделювання. Цілі, задачі, засоби й методи моделювання у цих випадках значно відрізняються один від одного, але загальна спрямованість залишається єдиною – одержання нового знання шляхом випробування (досліджування) деякого замітника реального об'єкта дослідження – моделі [1]

Взагалі, спрощено, моделювання можна розглядати як певний експеримент, об'єктом якого у першому випадку є матеріальний аналог досліджуваного об'єкта, у другому випадку об'єктом випробувань є знакова (математична) модель, у третьому – відношення до моделі, яка обмірковується, з боку громади. Поняття моделі можна визначити у такий спосіб:

Модель – це природний або штучний реальний об'єкт, який має певну відповідність до другого реального об'єкта (оригінала), поводження якого потрібно вивчити, або до деяких сторін оригінала, які потребують вивчення. У процесі дослідження моделі (який називають моделюванням) вона постає у якості відносно самостійного квазі-об'єкта, який дозволяє шляхом його дослідження одержати деяке опосередковане знання про оригінал.

Універсальними інструментальними засобами створення моделей є мови програмування загального користування (Basic, Pascal, C / C ++ та ін.)[2]. На основі цих мов широкий розвиток отримали засоби візуального проектування програм (Visual Basic, Delphi, Visual C ++), що полегшують виконання деяких трудомістких операцій, наприклад створення інтерфейсу програми. Поряд з цим існує безліч спеціалізованих засобів моделювання, що дозволяють швидше і з меншими витратами (у порівнянні з універсальними мовами програмування) створювати і досліджувати моделі. У розвитку спеціалізованих засобів моделювання можна виділити наступні два напрямки: Засоби моделювання для аналізу досить широкого класу систем. До них відносяться мови імітаційного моделювання (GPSS, SIMSCRIPT і ін.), а також пакети прикладних програм, використовуючи який користується для моделювання аналітичні методи (MathCad, MATLAB, MVS, UniCalc, когнітронні і ін). Основним недоліком цих засобів є те, що їх застосування вимагає від дослідника спеціальної підготовки.

Програмні комплекси, що спеціалізуються на моделюванні вузького кола систем однієї конкретної предметної області мають певний недолік, що полягає в обмеженості застосування таких програм однією предметною областю. Але це з лишком покривається такими перевагами, як легкість їх освоєння фахівцями в даній галузі і ефективність застосування, що є наслідком вузької спеціалізації.

В даний час MATLAB фактично є стандартним розрахунковим засобом і інструментом для численних інженерних і технічних розробок. Цьому сприяє багата бібліотека команд і власна мова програмування, що дає користувачеві можливості автоматизації обчислень, зокрема через додавання нових команд (функцій) - m-файлів і підключення своїх програм на мові C. До складу MATLAB входять інтерпретатор команд, графічна оболонка, редактор-відладчик, профілер, бібліотеки команд, компілятор, символічне ядро пакета Maple для проведення аналітичних обчислень, математичні бібліотеки MATLAB на C / C ++, Web-сервер, генератор звітів та інструментарій (Toolboxes). Підтримуючи діалоговий режим для простих обчислень, MATLAB перетворився в середовище програмування математичних і інженерних задач, включаючи розробку складних програм з розвиненим графічним інтерфейсом.

У MATLAB важлива роль відводиться спеціалізованим наборам інструментів Toolboxes, які дозволяють вивчати і застосовувати спеціалізовані методи: обробка сигналів, системи управління, ідентифікація систем, побудова та аналіз нейронних мереж, пошук рішень на основі нечіткої логіки,

рішення нелінійних диференціальних рівнянь, фінансовий і статистичний аналіз і т.д.

До переваг MATLAB слід віднести:

1. Потужність. Величезна кількість вбудованих математичних функцій (близько 600). Висока швидкість обчислень. Великі графічні можливості;
2. Надійність. Всі можливості MATLAB задокументовані і тому майже повністю виключається можливість появи несподіваних результатів розрахунків;
3. Прозорість. Програмний код всіх функцій є відкритим для користувача. З ним можна ознайомитися і, при необхідності, внести в нього корективи;
4. Універсальність. MATLAB широко використовується при проведенні обчислень ний в будь-якій області науки і техніки, в тому числі і економіці, фінансах;
5. Гнучкість. Наявність вбудованої мови програмування високого рівня дає можливість створювати призначені для користувача функції, пристосовані до вирішення конкретних прикладних завдань;
6. Розширення можливостей досягається за рахунок використання великої кількості спеціально розроблених пакетів розширення, наборів інструментів. В середовищі MATLAB наявний модуль Simulink. Simulink - це графічне середовище імітаційного моделювання, що дозволяє за допомогою блок-діаграм у вигляді направлених графів, будувати динамічні моделі, включаючи дискретні, безперервні, гібридні, нелінійні і розривні системи.

Перейдемо до можливостей програми Simulink:

1. Можливість моделювання лінійних і нелінійних, дискретних і безперервних, детермінованих і випадкових динамічних систем;
2. Реалізація принципу візуального моделювання;
3. Автоматизація процесу програмування математичної моделі системи;
4. Візуалізація результатів моделювання;
5. Наявність великої, відкритої для вивчення і модифікації бібліотеки компонентів (блоків).

Значною перевагою Simulink є підтримка додавання бібліотеки блоків за допомогою підпрограм написання як на мові MATLAB, так і на мовах C ++, Fortran та Ada [5].

Процес моделювання систем за допомогою Simulink складається з наступних етапів:

1. Перетягування за допомогою миші необхідних блоків з бібліотек у вікно моделі;
2. З'єднання блоків інформаційними зв'язками;
3. Завдання початкових значень і параметрів блоків;
4. Завдання параметрів імітації;
5. Проведення імітації;
6. Аналіз отриманих результатів;
7. Зміна параметрів блоків, структури моделі в разі отримання незадовільних результатів.



**Висновок:** MATLAB - потужний і гнучкий інструмент, який є найбільш придатною альтернативою різними статистичними програмним продуктам, і дозволяє найбільш гнучко моделювати енергетичні мережі, електричні машини та електричні процеси.

**Список використаних джерел.**

1 Дьяконов В. П. MATLAB. Полный самоучитель. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 768 с.: ил.

2 Данилов С.Н. SCICOS. Пакет Scilab для моделювання динамічних систем. Керівництво. Навчальний посібник / С.Н. Данилов – Тамбов: ТДТУ, 2011. – 74 с.

**Науковий керівник:** Сабо А.Г., к.т.н., доцент кафедри ЕА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## ПЕРЕВАГИ ПЛАТФОРМИ ARDUINO

*Щербаков С.В., serjik347555@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Мікроконтролери нині стали невід'ємною частиною нашого життя. Застосування, як «мозку» зустрічається у різних комбінаціях: від систем відображення інформації з датчика температури до систем управління виробництвами.

Arduino формально це – торгова марка, під якою випускаються офіційні плати та софт.

Плата Arduino це – налагоджувальна плата з мікроконтролером на борту. Мікроконтролер це мікросхема, що містить у собі мікропроцесор, інтерфейси введення-виведення, пам'ять (оперативну та постійну), таймери та ін. Мікроконтролер – це майже повноцінний комп'ютер, розміщений одному кристалі мікросхеми. У більшості плат Arduino використовують мікроконтролери серії ATmega від виробника AVR.[1]

З її допомогою можна швидко навчитися збирати найпростіші схеми, системи, та цілі проекти. Звичайно, існують і інші платформи, такі як Parallax Basic Stamp, Netmedia BX-24, Phidgets, MIT's Handyboard, проте Ардуїно має ряд переваг перед ними [1]:

- Низька вартість;
- Крос-платформність - програмне забезпечення (ПЗ) Arduino працює під ОС Windows, Macintosh OSX та Linux;
- Просте та зрозуміле середовище програмування;
- ПЗ з можливістю розширення та відкритим вихідним текстом - ПЗ Arduino випускається як інструмент, який може бути доповнений досвідченими користувачами, мова може доповнюватись бібліотеками C++, користувачі, які бажають зрозуміти технічні нюанси, мають можливість перейти на мову AVR C, на якій заснований C++;

- Плати розширення – плати, що розширюють функціональність Arduino для керування різними пристроями, отримання даних тощо. (WiFi, Xbee, Ethernet, Motor Shield).

Крім того, Arduino - це платформа з відкритим вихідним кодом, тому всі схеми та вихідний код програм доступні для будь-кого. Тобто є можливість використовувати платформу та програмні бібліотеки у своїх проектах, виробляти та продавати клони плати. Залежно від поставленої мети, можна підібрати найбільш підходящу платформу Arduino серед 22 офіційно представлених моделей. У таблиці 1 представлені найпопулярніші моделі та характеристики [2].

В останньому стовпці таблиці 1 вказано кількість цифрових виводів і через дріб кількість виводів з можливістю широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). ШИМ дозволяє керувати шпаруватістю імпульсів, що дозволяє, наприклад, регулювати яскравість світлодіода, температуру нагрівача, швидкість обертання двигуна та ін.

У п'ятому стовпці таблиці 1 вказано кількість аналогових входів платформи. Основним застосуванням аналогових входів є читання інформації з датчиків. Кожен аналоговий вхід – це окремий канал аналого-цифрового перетворювача (АЦП) мікроконтролера. Більшість АЦП є 10-розрядними, що цілком достатньо більшості вимірів.

Таблиця 1 – Характеристики плат Arduino

Назва	Мікроконтролер	Напруга, В робоча / вхідна	Частота процесора, МГц	К-ть аналогових входів	Цифрові виводи/ ШИМ
Uno	ATmega328	5 /7-12	16	6	14/6
Due	T91SAM3X8E	3.3/7-12	84	12	54/12
Leonardo	ATmega32u4	5/7-12	6	12	20/7
Mega	ATmega2560	5/7-12	16	16	54/15
Nano	Tmega168 Tmega328	5/7-9	16	16	14/6
LilyPad	Tmega168V Tmega328V	2.7- 5.5/2.7- 5.5	8	6	14/6
Yun	ATmega32U4 AR9331 Linux	5	16 400	12	20/7

Програмувати Ардуїно набагато простіше, ніж програмувати окремо мікроконтролер. По-перше, достатньо лише кабелю USB і ПЗ Arduino, яке можна скачати безкоштовно з офіційного сайту. Якщо ж у вас є окремий мікроконтролер, то, щоб запрограмувати його, необхідно придбати до нього окремо програматор, а також придбати відповідне ПЗ.

По-друге, мова програмування пристроїв Arduino проста в освоєнні, і на даний момент Arduino, на думку багатьох користувачів, найзручніший спосіб програмування. Мова програмування основана на C/C++. До того ж у відкритому доступі є велика кількість прикладів програм з роз'ясненнями та схемами українською, російською мовами, що дозволяє в повному обсязі розібратися в особливостях мови. Arduino має великий набір бібліотек, який полегшує роботу з кодом для спеціальних завдань.

Таким чином, доступність платформ Arduino, наявність безкоштовного ПЗ і великої кількості прикладів програм, надають популярності платформи серед студентів та розробників-початківців. Використання макетної плати полегшує налагодження системи, що дозволяє обійтися без паяльника на етапі проектування. Окрім того, ліцензія Arduino допускає комерційне застосування конструкцій на її основі (без зазначення торгової марки) у своїх проектах. Отже, якщо ви створили на основі Arduino оригінальний пристрій або проект і хочете перетворити його на комерційний продукт, ви можете зробити це.

#### **Список використаних джерел**

1. О платформе. Введення в Arduino : веб-сайт. URL: <http://alexgyver.ru/lessons/about-arduino/> (дата звернення 28.10.2021).
2. Микропроцессоры и электроника для начинающих : веб-сайт. URL: <http://www.my-arduino.ru/sravnenie-karakteristik-razlichnykh-platform-arduino/> (дата звернення 28.10.2021).

**Науковий керівник:** Сабо А.Г., к.т.н., доцент кафедри «Електроенергетика і автоматизація», Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.

## **СИСТЕМИ ОРІЄНТАЦІ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ**

*Макенов П., [tankist2002mlt@gmail.com](mailto:tankist2002mlt@gmail.com)*

*Бурлаков А., [bartem746@gmail.com](mailto:bartem746@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

В наш час все більш значимими постають проблеми охорони навколишнього середовища та його відновлення, а також надійного забезпечення людства паливними ресурсами та енергією. Це пов'язано, насамперед, з обмеженістю важливих сировинних ресурсів та негативним впливом традиційних способів отримання паливно-енергетичних ресурсів на навколишнє середовище.

Використання відновлюваних джерел енергії в наш час є одним із пріоритетних шляхів вирішення енергетичної проблеми. Чільне місце серед відновлюваних енергетичних джерел посідає сонячна енергія. Сонячні електростанції дають можливість отримувати електричну енергію без шкідливого впливу на навколишнє середовище та є перспективними

джерелами електропостачання споживачів невеликої потужності, які знаходяться на значній віддалі від централізованих електричних мереж. Основним елементом сонячної електростанції є сонячні панелі, які перетворюють енергію світла у електричну. У більшості випадків панелі встановлюють у певному положенні відносно горизонтальної площини, яке в процесі експлуатації залишається незмінним. Таке технічне рішення спрощує енергетичну установку в цілому, але призводить до неповного використання сонячної енергії.

Для підвищення ефективності установки необхідно змінювати просторове положення сонячної панелі таким чином, щоб кут падіння сонячних променів на її робочу поверхню був близьким або постійно становив 90 градусів, тим самим забезпечуючи максимальне поглинання сонячної енергії. Вирішенням даної задачі є застосування систем орієнтації сонячних панелей.

Система орієнтації сонячної панелі, у загальному вигляді, складається з наступних елементів: вимірювальні перетворювачі освітленості або енергії, пристрій обробки інформації та керування приводом механізму повороту панелі.

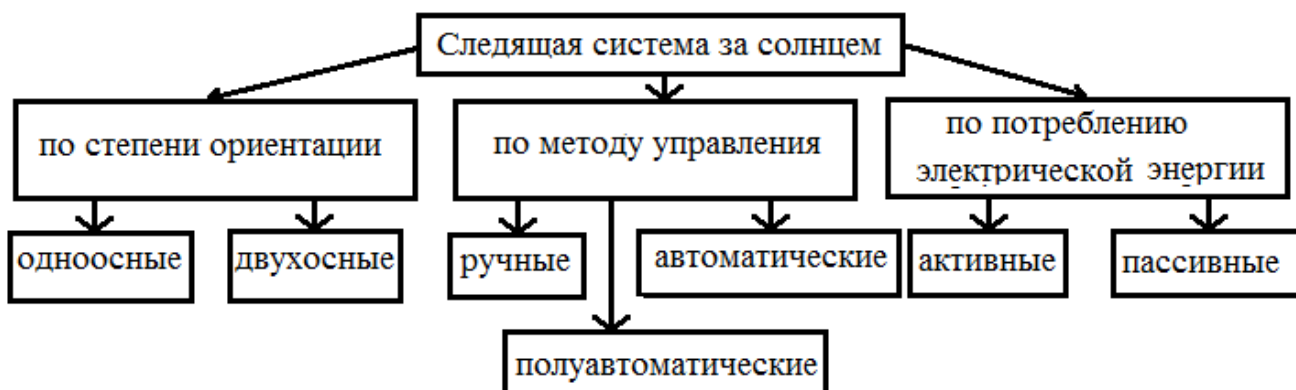


Рисунок 1 – Класифікація систем орієнтації сонячних панелей

За принципом повороту можна виділити наступні типи систем:  
 з віссю, що обертається у горизонтальній площині;  
 з віссю, що обертається у вертикальній площині;  
 двовісні системи.

За методом керування орієнтацією поділяються на:  
 системи з ручним керуванням (застосовується зміна кута нахилу відносно горизонтальної площини, що дає можливість компенсувати сезонні зміни у траєкторії руху сонця);  
 напівавтоматичні системи (в ручному режимі встановлюється кут нахилу відносно горизонтальної площини, а поворот по вертикалі здійснюється автоматично у відповідності до рівня освітленості);

автоматичні (орієнтація панелі у просторі відбувається шляхом повороту у горизонтальній та вертикальній площині на основі інформації від вимірювальних перетворювачів або математичних моделей).

В залежності від споживання енергії поділяються на пасивні та активні. У пасивних системах поворот здійснюється за рахунок виконавчих механізмів, принцип дії яких заснований на тепловому розширенні речовин або на застосуванні матеріалів з ефектом пам'яті форми. Активні системи використовують електропривод та електронні керуючі пристрої з вимірювальними перетворювачами.

Практичний досвід застосування систем орієнтації сонячних панелей дає позитивні результати щодо приросту енергетичної ефективності сонячних електроенергетичних установок. Наприклад, застосування найпростішого варіанту одновісної системи з ручним керуванням кутом нахилу дозволяє отримати приріст генерації електричної енергії від 5 до 7 відсотків на рік, а двовісні напівавтоматичні системи дають результат у вигляді приросту до 23 відсотків [2]. Для активних систем орієнтації приріст показників енергоефективності складає від 27 до 41 відсотка, в залежності від типу застосовуваних первинних вимірювальних перетворювачів та алгоритму роботи пристроїв керування [3]. Найкращі результати отримані при застосуванні у якості вимірювальних перетворювачів освітленості матричних фотоелектричних елементів та мікропроцесорної системи керування приводом повороту.

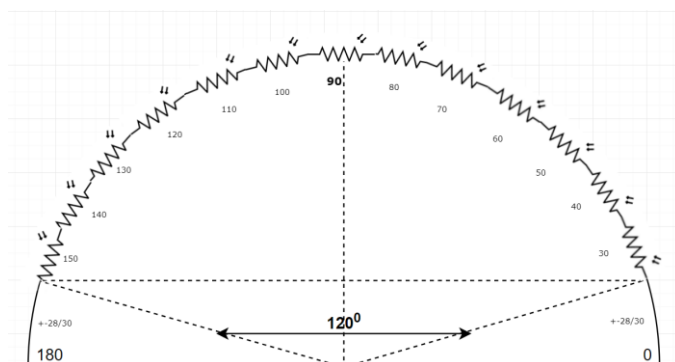


Рисунок 2 – Вимірювальний перетворювач освітленості з матрицею фоторезисторів

Аналіз результатів застосування систем орієнтації сонячних панелей вказує на їх економічну доцільність у сонячних енергетичних установках, а постійне вдосконалення вимірювальних перетворювачів та мікропроцесорних керуючих пристроїв, підвищення їх надійності, у перспективі підвищить енергетичну ефективність перетворення.

#### Список використаних джерел

Капля Е.В. Моделирование процессов управления в интеллектуальных измерительных системах. Е.В. Капля, В.С. Кузеванов, В.П. Шевчук М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. 512 с.

Al-Mohamad, Ali. Efficiency improvements of photo-voltaic panels using a Sun-tracking system. Applied Energy, 2004. 79(3): p. 345-354.

Mousazadeh, Hossein, et al. A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. Renewable and sustainable energy reviews, 2009. 13(8): p. 1800-1818.

**Науковий керівник:** Гомонець О.П., асистент кафедри ЕІА, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

## СЕКЦІЯ 3

### ЕЛЕКТРОТЕХНІКА І ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА

#### **ДІАГНОСТИКА ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ПІСЛЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ**

*Шарко Д.М.densardushkin@gmail.com*

*ДВНЗ "Мелітопольський промислово-економічний коледж"*

В даний час електродвигуни змінного струму використовують 80% усієї виробленої електроенергії, тому стабільність їх роботи грає велику роль в промисловості. Періодична діагностика стану обладнання допомагає своєчасно виявити виникаючі несправності.

В процесі експлуатації можуть виникати пошкодження елементів двигуна, які призводять до передчасного виходу його з ладу.

Основними джерелами розвитку ушкоджень АД є: перевантаження або перегрів статора електродвигуна; міжвиткові замикання; ушкодження підшипників; пошкодження обмоток статора або ізоляції; нерівномірний повітряний зазор між статором і ротором тощо.

Найпоширенішим методом діагностики електродвигунів в даний час є вібродіагностика, заснована на вимірі і аналізі вібрацій корпусу двигуна. Складність завдань вібраційного діагностики полягає, по-перше, у виборі контрольованих параметрів, що відповідають за поточний і прогнозований стан обладнання та його окремих вузлів, а по-друге - у визначенні зон допустимих змін цих параметрів при різному стані обладнання.

Відмова електродвигуна з вищезгаданих причин завдає економічної шкоди промислового підприємству внаслідок простою робочого механізму і, як наслідок, зменшення об'єму продукції, яка випускається.

Важливо в найкоротші терміни провести діагностику електродвигуна (в більшості випадків причина відмови відома і дефектація електродвигуна проходить швидко), виконати якісний ремонт (заміна підшипників, заміна згорілої обмотки) і провести після ремонту діагностику.

Від правильного проведення післяремонтного діагностики залежить майбутній ресурс електродвигуна. Будь не усунення, що не виявлений з яких-небудь причин дефект в двигуні стане причиною недовгою роботи і чергового відмови.

Існує пристрій для випробування асинхронних двигунів під навантаженням з тиристорним управлінням подачі напруги і обмежувачем струму в статорі, що дозволяє проводити випробування в умовах, наближених до експлуатаційних.

Однак проводити випробування слід, попередньо оцінивши стан ізоляції. Способи випробування, які засновані на аналізі спектру струмів і напруги, перспективні, але вони застосовуються для машин змінного струму. Безліч

різних способів орієнтоване на випробування тільки одного з типів електродвигуна.

Тому створення способу, технічного пристрою, здатного проводити діагностику будь-яких типів електричних машин, враховувати їх особливості, з метою зниження часу простою промислового агрегату, де крім асинхронних машин можуть бути діагностовані синхронні та генератори і двигуни постійного струму.

**Висновки.** Зі сказаного випливає, що завдання оптимізації контрольованих параметрів краще проводити відповідно до рекомендацій розробників міжнародних стандартів ISO, але з урахуванням специфічного стану обладнання і якості підготовки обслуговуючого обладнання персоналу.

#### **Список використаних джерел**

1. Пястолов А.А. Єрошенко Г.П. Експлуатація електрообладнання / Агропроменерго, 1990 – С. 287
2. Бевз В.В. Розвиток механізму енергозбереження на підприємствах харчової промисловості / В. В. Бевз // Вчені записки: зб. наук. праць. – К. : КНЕУ, 2011. – № 13. – С. 169-173.

**Науковий керівник:** *Перова Н.П., викладачЦК № 4 «Загальнотехнічної підготовки та електричної інженерії», ДВНЗ "Мелітопольський промислово-економічний коледж"*

## **ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДАТЧИКА НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ МЕРЕЖІ**

*Іванов М.В., [ivanov.maksus@gmail.com](mailto:ivanov.maksus@gmail.com),*

*Щербаков С.В., [sherbak16032000@gmail.com](mailto:sherbak16032000@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Причин виходу з ладу обмотки статора АД багато, до них відносяться: струмові перевантаження обмотки статора збоку робочої машини (до 50 %), також заклинення ротору і руйнація підшипникового вузла, виникнення неприпустимої несиметрії напруги фаз мережі або з причини обриву фазного проводу виходить з ладу до 45% статорних обмоток АД та інші. Таким чином, несиметричні режими напруги мережі і обрив фазного проводу АД є однією з головних причин його поламки [1].

Найбільш вразливою частиною асинхронного двигуна (АД) є його обмотка статора. Найбільш простими пристроями надійного контролю і діагностування несиметричних режимів трифазної напруги є датчики напруги, побудовані на базі симетричних складових, тобто фільтри симетричних складових, які розділяються на фільтрові датчики напруги: прямої, зворотної і нульової послідовностей. Під фільтром напруги розуміють спеціальний пристрій у вигляді електричної схеми, який виділяє із несиметричної напруги мережі якусь симетричну складову напруги.



Параметри складових датчика, тобто елементів фільтрів напруги підбираються у таких співвідношеннях, таким чином, щоб на елементах схеми отримати (виділити) ту, чи іншу симетричну складову напруги [2, 3].

Дослідимо схемне рішення датчика на можливість використання (рисунок 1) в якості датчика несиметричної напруги мережі.

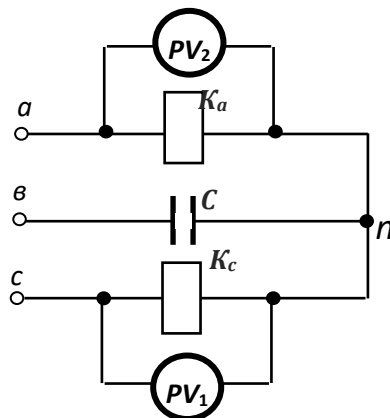


Рисунок 1 – Принципова схема датчика несиметрії напруги

В електричній принциповій схемі передбачені дві котушки з однаковими параметрами і конденсатор. Доведемо, що це схемне рішення може бути фільтром напруги прямої і зворотної послідовностей, а схемне рішення – датчиком несиметричної напруги мережі.

Складемо розрахункову схему датчика несиметрії напруги (рисунок 2). Кожна котушка має активний і індуктивний опір, відповідно мають параметри: активний опір та індуктивність. Вважаємо, що конденсатор ідеальний, тобто у нього є ємнісний реактивний опір або параметр ємність. Визначимо покази вольтметрів, які включені у фазах *a* і *c* схемного рішення датчика напруги.

Фазні напруги датчика у фазах *a* і *c* (рисунок 2), згідно прийнятих на розрахунковій схемі позначень і при умові, якщо  $r_a = r_c$ ,  $x_a = x_c$ , комплексів фазних провідностей  $Y_a$ ,  $Y_b$ ,  $Y_c$  при несиметричній системі лінійних напруг кола, визначаються за рівняннями

$$\dot{U}_a = \frac{\dot{U}_{ab} \cdot Y_b + \dot{U}_{ac} \cdot Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \frac{\dot{U}_{ca} \cdot Y_a + \dot{U}_{cb} \cdot Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c}. \quad (1)$$

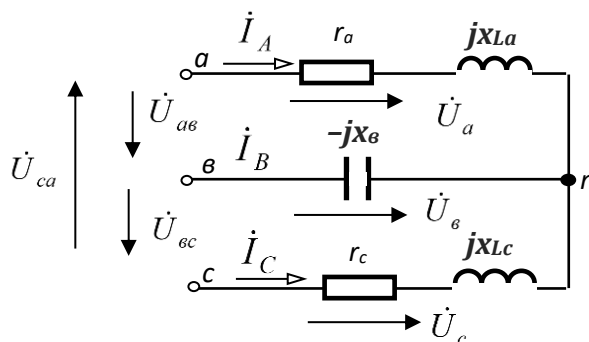


Рисунок 2 – Розрахункова схема датчика

Згідно властивостей симетричних складових напруги лінійні напруги при з'єднанні схеми зіркою не містять складової напруги нульової послідовності. Тоді представимо комплекси лінійних напруг датчика системою рівнянь через симетричні складові несиметричної лінійної напруги трифазної системи мережі, прийняв за першу і другу симетричні складові лінійну напругу  $U_{ab}$  АД

$$\begin{cases} \dot{U}_{ab} = \dot{U}_{ab1} + \dot{U}_{ab2} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{bc} = a^2 \cdot \dot{U}_{ab1} + a \cdot \dot{U}_{ab2} = a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{ca} = a \cdot \dot{U}_{ab1} + a^2 \cdot \dot{U}_{ab2} = a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2, \end{cases} \quad (2)$$

де  $a$  – оператор трифазної системи,  $a = e^{j120^\circ}$ .

Згідно формул Визначимо фазні напруги (1) через лінійні напруги (2) датчика

$$\begin{aligned} \dot{U}_a &= \frac{(\dot{U}_1 + \dot{U}_2) \cdot Y_b - (a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2) \cdot Y_a}{Y_b + 2Y_c} = \\ &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (Y_b - a \cdot Y_c) + \dot{U}_2 \cdot (Y_b - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_b + Y_c}; \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \dot{U}_c &= \frac{(a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2) Y_a - (a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2) Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c} = \\ &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_b) + \dot{U}_2 \cdot (a^2 Y_a - a \cdot Y_b)}{Y_a + Y_b + Y_c}. \end{aligned} \quad (4)$$

Якщо прийняти  $(Y_b - a \cdot Y_c) = 0$  та  $(a^2 \cdot Y_a - a \cdot Y_b) = 0$ , то з (3), (4)

$$\dot{U}_a = \dot{U}_2 \frac{(Y_b - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_b + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_1 \frac{(a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_b)}{Y_a + Y_b + Y_c}. \quad (5)$$

Таким чином, напруга фази «а» датчика містить тільки симетричну складову зворотної послідовності (покази вольтметра V2), напруга фази «с» містить тільки симетричну складову прямої послідовності (покази вольтметра V1) [4, 5].

Умовою роботи датчика в якості фільтру симетричних складових [6] є співвідношення провідностей фаз «а» і «с» до провідності фази «в»  $Y_a = Y_c = a^2 \cdot Y_b$ ; якщо провідність фази «в» дорівнює  $Y_b = j\omega C$ , де  $\omega$  – кругова частота, тоді співвідношення провідностей фаз датчика

$$Y_a = Y_c = a^2 \cdot j\omega C = g - jb_L, \quad (6)$$

де активна провідність котушок визначається за рівнянням

$$g = \frac{r_a}{z^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot \omega C}{2}, \quad (7)$$

якщо квадрат повного опору котушки дорівнює  $z^2 = r^2 + (\omega L)^2$ .

Реактивна провідність котушки знаходиться у співвідношенні до ємнісної провідності конденсатора

$$b_L = \frac{\omega L}{z^2} = \frac{\omega C}{2} . \quad (8)$$

Співвідношення активного і повного опорів котушки таємнісної провідності конденсатора в пристрої наступні  
активний опір котушки до ємнісної провідності

$$r = \frac{z^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \omega C}{2} , \quad (9)$$

індуктивний опір котушки до ємнісної провідності конденсатора

$$\omega L = \frac{z^2 \cdot \omega C}{2} . \quad (10)$$

Співвідношення активного і реактивного опорів котушки

$$\frac{r}{\omega L} = \sqrt{3} . \quad (11)$$

**Висновки.** Запропонованесхемне рішення можна використовувати в якості датчика напруги прямої і зворотної послідовності в разі дотримання відповідного співвідношення активного, індуктивного і ємнісного опорів при основній частоті мережі.

#### Література

1. Попова І.О. Ресурсозберігаючий пристрій захисту від несиметричних режимів асинхронних двигунів двигуна / І.О. Попова, О.В. Мінкін. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку», 17 листопада 2018 року Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет імені Григорія Сковороди // Технічні науки. Транспорт: Збірник наукових праць. Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 46 . с. 495-499.
2. Попова І.О. Визначення параметрів активно-ємнісного фільтра напруги зворотної послідовності, Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем I Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. 18-19.
3. Попова І.О., Попрядухін В.С. Параметри контролю несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів для розробки ефективного захисту. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 9. Т. 1 (41), 2019 (41). DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-41.
4. Иваница М.А. Расчет фильтра напряжения обратной последовательности. Механизация и электрификация животноводства, растениеводства. № 4, 2010. с. 28-30.
5. Попова І.О. Пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів. Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем. II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. с. 44-45.

6. Попова І.О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі. /Автореф. дис... кандидата техн. наук. Мелітополь: 2003. 20 с.

**Науковий керівник:** *Попова І.О., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного.*

## **ОБГРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОГО СХЕМНОГО РІШЕННЯ ПРИБРОЮ ЗАХИСТУ ВІД НЕСИМЕТРИЧНИХ РЕЖИМІВ**

*Іванов М.В., [ivanov.maksus@gmail.com](mailto:ivanov.maksus@gmail.com),*

*Щербаков С.В., [sherbak16032000@gmail.com](mailto:sherbak16032000@gmail.com)*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Присутність несиметрії напруг у трифазній мережі характеризується наявністю напруги зворотної і нульової послідовностей. В асинхронних двигунах (АД) напруга зворотної послідовності негативно впливає на основний момент двигуна, створює протидіючий обертовий момент, наводить у роторі електрорушійну силу подвійної частоти, що в кінцевому випадку призводить до несиметрії струмів, а струм зворотної послідовності призводить до додаткового нагрівання обмоток статора і ротора АД, що призводить до швидкого старіння ізоляції та скорочення терміну використання двигуна. Пристрої контролю та захисту АД є чутливими до змін струму в колах живлення. Струмові перевантаження, що викликані несиметрією трифазної мережі, призводять до вимикання АД в момент запуску та при пікових перевантаженнях.

При аналізі показників якості електричної енергії й енергозбереження, особливостей роботи асинхронного електроприводу при несиметричних режимах встановлено, що наряду з нормативними показниками несиметрії напруги мережі (коефіцієнти несиметрії напруги за зворотною та нульовою послідовностями) та відхилення напруги мережі, при розробці захисного пристрою при несиметрії напруги мережі необхідно враховувати такі електричні складові, як: споживана активна потужність, значення фазних струмів, симетричні складові напруги прямої та зворотної послідовностей [1]. Відхилення від показників якості електроенергії призводить до зростання споживання активної і реактивної потужності, зростання втрат активної енергії та зниження коефіцієнта потужності енергосистеми.

Проведений аналіз діагностуючих пристроїв асинхронного двигуна при несиметричних режимах, захистів по струму (максимальному, мінімальному, нульової послідовності і теплової дії), по напрузі (прямої, зворотної і нульової послідовностей) та неповнофазних режимів роботи в наслідок обриву фази або нульового проводу, по температурі (обмотки статора, сталі статора або корпусу) дозволили зробити такі висновки, що:

- у пристроях, що реагують на зміни величини струму (електромагнітної та індукційної дії) необхідне реле часу, для уникання відключення асинхронного двигуна при запуску або короткочасних пікажого навантаженні;

- пристрої захисту по напрузі, побудованих на основі фільтрах симетричних складових прямої і зворотної послідовностей, є ефективними, Ала обмежені у використанні, оскільки, при контролі напруги нульової послідовності не відключають АД в разі обриву фазної обмотки статора після місця підключення обмотки до джерела живлення;

- для підвищення ефективності спрацювання струмового захисту необхідно встановлювати додаткові елементи, що враховують температуру нагріву обмоток статора;

- у загальному випадку для захисту АД від аварійних режимів, що викликані несиметрією напруги мережі, доцільно використовувати комбіновані пристрої діагностування і захисту в залежності від режимних параметрів згідно технологічних процесів [2].

Дослідження різних систем захисту АД від несиметрії напруги мережі дозволили запропонувати оптимальну структурну схему захисту, на яку покладається виконання наступних умов:

- здійснення контролю несиметрії напруги на обмотках статора АД;
- здійснення відключення АД при досягненні граничного значення несиметрії напруги мережі (допустиме відхилення 2 %);
- здійснення контролю перевищення температури обмоток статора асинхронного двигуна в нормальних та пікових режимах роботи;
- здійснення відключення АД при досягненні граничного значення перевищення температури обмоток згідно класу ізоляції;
- забезпечення світлової сигналізації при аварійному режимі роботи АД;
- забезпечення світлової сигналізації при перевищенні статора температури обмоток статора АД.

Нарисунку 1 [3] представлена оптимальна структурна схема захисту асинхронного двигуна при несиметрії напруги мережі. Принципову електричну схему необхідно розробляти в залежності від режимів роботи, типорозміру двигуна, класу ізоляції обмоток статора та величини контрольованого значення несиметрії напруги.

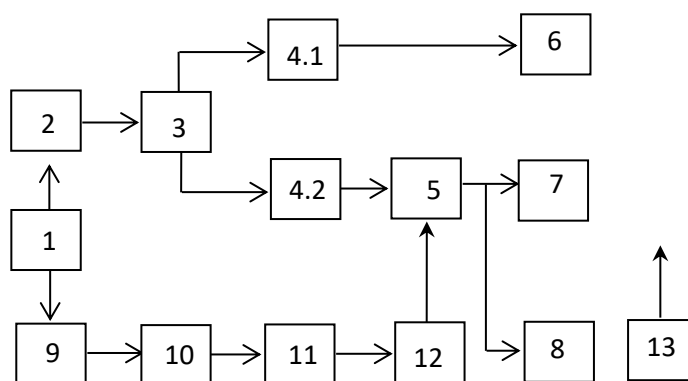


Рисунок 1 – Оптимальна структурна схема пристрою захисту АД при несиметрії напруги мережі 205

Таким чином пристрій захисту повинен містити наступні блоки: 1 – АД; 2 – фільтр зворотної послідовності; 3- операційний підсилувач; 4 – датчики контролю напруги 4.1, струму 4.2; 5 – логічний елемент «АБО»; 6,7 – світлову сигналізацію при граничній і глибокій несиметрії; 8 – звукову сигналізацію відключення АД; 9 – датчик температури обмоток АД; 10 – стабілізоване джерело струму для живлення датчик температури обмоток АД; 11 – тригер Шмідта; 12 – логічний елемент «НІ»; 13 – стабілізоване джерело живлення.

**Висновки.** Розробка обґрунтованого ефективного схемного рішення дозволить розробити принципову схему пристрою захисту від несиметричних режимів, що підвищить строк експлуатації АД.

### **Література**

1. Попова І.О., Мінкін О.В. Ресурсозберігаючий пристрій захисту від несиметричних режимів асинхронних двигунів двигуна *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (17 листопада 2018 р) Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 46. –С.495-499.
2. Попова І.О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі Автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.09.16. Мелітополь: ТДАТА, 2003. 20 с.
3. Попова І.О., Курашкін С.Ф., Попрядухін В.С. Контроль несиметрії напруги на затискачах асинхронних електродвигунів технологічної лінії. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали ХХІХ Між нар. наук.-практ. інтернет-конф. Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 29. С.650-652.
4. Попова І.О. Пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*. II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2020. с. 44-45.

## **АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА**

**Макенов П.С.,** [tankist2002mlt@gmail.com](mailto:tankist2002mlt@gmail.com),

**Курчанов А.А.,** [artiklook@gmail.com](mailto:artiklook@gmail.com)

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

При виготовленні двигунів можуть бути недоліки, які укладаються в допуски. Однак з часом роботи двигуна прояв недоліків наростає і стає доволі відчутним. Для виявлення механічних пошкоджень і дефектації, огляді вузлів і деталей АД, необхідні виміри і іспити для визначення цілісності окремих деталей і складальних вузлів, для встановлення об'єму необхідного ремонту. На рисунку 1 наведена послідовність операцій при зовнішньому огляді АД для виявлення його механічних пошкоджень [1].

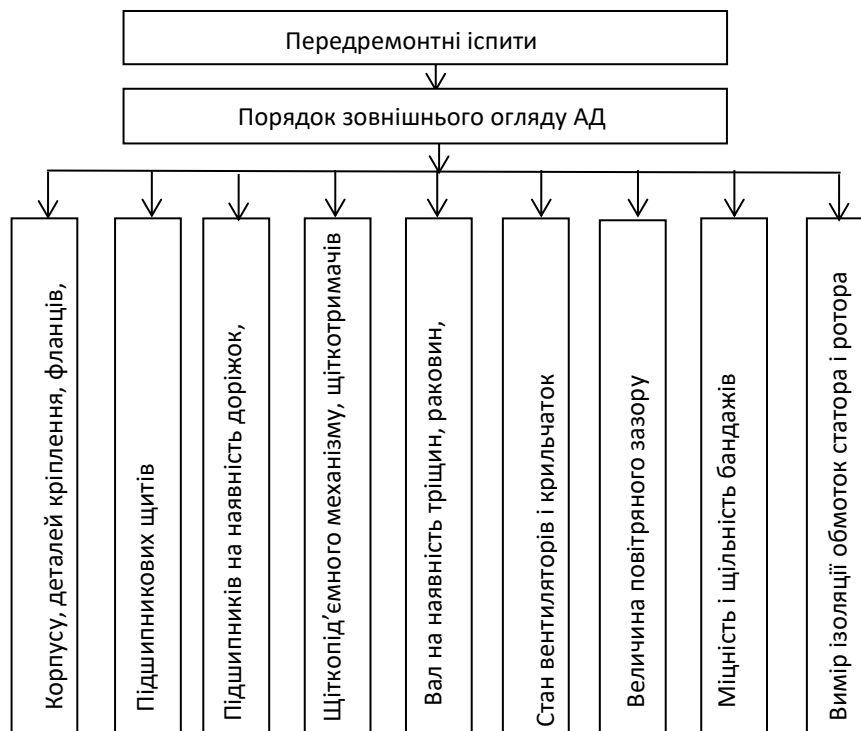


Рисунок 1 – Послідовність операцій для виявлення механічних

Розбирання повинно проводитися з використанням спеціального інструменту і приладів, щоб не пошкодити деталі і складальні вузли. При дефектації корпусу двигуна візуально перевіряють наявність тріщин, сколів, деформацію корпусу, стан різьбових отворів, кріплення осердя корпусу, наявність розпушених крайніх листів і вигорання окремих листів осердя, наявність корозії. При візуальному огляді вузлів двигуна необхідно зняти кожух, який огорожує обертові частини двигуна за для отримання максимального доступу до вузлів, що перевіряються. Для цього потрібен набір ключів з великою кількістю змінних головок, набір щупів з різною товщиною, штангенциркуль.

Ефективна перевірка особливо актуальна для тих електроприводів, раптове аварійне відключення яких дорого коштує. Тому їх огляд краще виконувати у працюючому стані для виявлення пошкоджень на ранніх стадіях. Для огляду важкодоступних вузлів АД використовують дефектоскоп, оснащений бездротовою дефектоскопічною камерою і монітором [2].

Якщо, в результаті зовнішнього огляду, виявляються тріщини в тих чи інших місцях вузлів, за для отримання більш детальної інформації слід використовувати приладдя для вивчення тріщин, що має набір змінних лінз, вмонтовану під світку з мінімальною дальністю розглядання 0,1 см. В цьому разі не потрібна звичайна лупа, вивільнені руки працівника та можна детально розгледіти мікроскопічні деталі, сколи та тріщини. Зовнішня візуальна перевірка не завжди дозволяє визначити та виявити дефекти, які тільки почали з'являтися у вузлах, або приховані в тілі фундаменту електродвигуна і його корпусу. Тому для діагностики застосовують ультразвуковий дефектоскоп.

Він призначений для ручного не руйнівного контролю вузла двигуна на наявність дефекту.

На нижню частину корпусу двигуна і його кріплення з фундаментом припадають найбільші руйнівні навантаження, оскільки на ці частини впливає обертальний момент. Кріплення АД і фундамент потребує ретельного сканування ультразвуком. В АД впродовж роботи відбувається знос підшипників, через особливості їх конструкції. У АД, особливо значної потужності, на підшипники впливають великі навантажувальні моменти, що призводять до люфтів і биття, які в робочому режимі АД при обертанні ротора відчутні як досить сильний шум, тому що поверхні кочення підшипників втрачають свою первісну форму, а сепаратор підшипнику починає розтріскуватися. Стан підшипників можна визначити за рівнем шуму спеціальним пристроєм для виміру шуму[1].

В АД дуже важливий стан ізоляції проводів обмоток статора, тому дуже важливим параметром є опір ізоляції проводів обмоток, який обов'язково перевіряється під час періодичної перевірки. Опір ізоляції вимірюється спеціальним приладом – мегомметром.

Про стан обмотки статора АД на наявності в ній міжвиткових замикань свідчать споживаний струм і оберти двигуна. При перевірці треба в робочому стані двигуна порівняти споживаний струм і реальні оберти двигуна з паспортними даними. Замкнені витки послаблюють магнітний потік і послаблюють частоту обертання ротору. В результаті частота обертання ротору не відповідає зазначеним в технічному паспорті.

Для безконтактного вимірювання сили струму, споживаного у робочому стані АД, використовують струмові кліщі. Принцип роботи струмових кліщів заснований на явищі електромагнітної індукції, тобто на виникненні електрорушійної сили в обмотці, при охопленні провідника зі змінним струмом. Струмовими кліщами можна робити заміри прямо в розподільчому щитку, до якого приєднаний кабель або проводи, через які живиться АД[2].

**Висновок.** Застосування сучасних приладів пошуку пошкоджень АД дозволить вчасно виявити пошкодження на ранніх стадіях, скоротити час їх ремонту.

#### **Список використаних джерел.**

1. Попова І.О., Попридухін В.С. Діагностика механічних пошкоджень асинхронного двигуна *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка* Вип. 204. Харків: ХНТУСГ, 2019. С. 71-72.
2. Титко А.И., Андриенко В.М., Худяков А.В., Гуторова М.С. Новые методы диагностики асинхронных двигателей / *Праці інституту електродинаміки Національної академії наук України*. Вип.. 37, 2014.с. 58-61.



## ПЕРЕТВОРЮВАЧ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПІДВИЩЕНОЇ ЧАСТОТИ

Біляєва А.С., *belyaevanastya02@gmail.com*

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Поширення регульованого електроприводу в промисловості отримало з одного боку завдяки експлуатаційним перевагам і гнучкості, які надає електропривод, а з іншого – удосконаленню і здешевленню відповідного обладнання, яке забезпечується сучасними засобами і принципами перетворення і регулювання електричної енергії. Одним з найбільш перспективних є регульований електропривод з короткозамкненим асинхронним двигуном, який живиться від транзисторного інвертора напруги [1] – регулювання напругою здійснюється за принципом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Пропонується структурна однолінійна схема перетворювача частоти (рис. 1), яка може бути застосована під час проектування регульованого електроприводу з короткозамкненим високовольтним асинхронним електродвигуном.

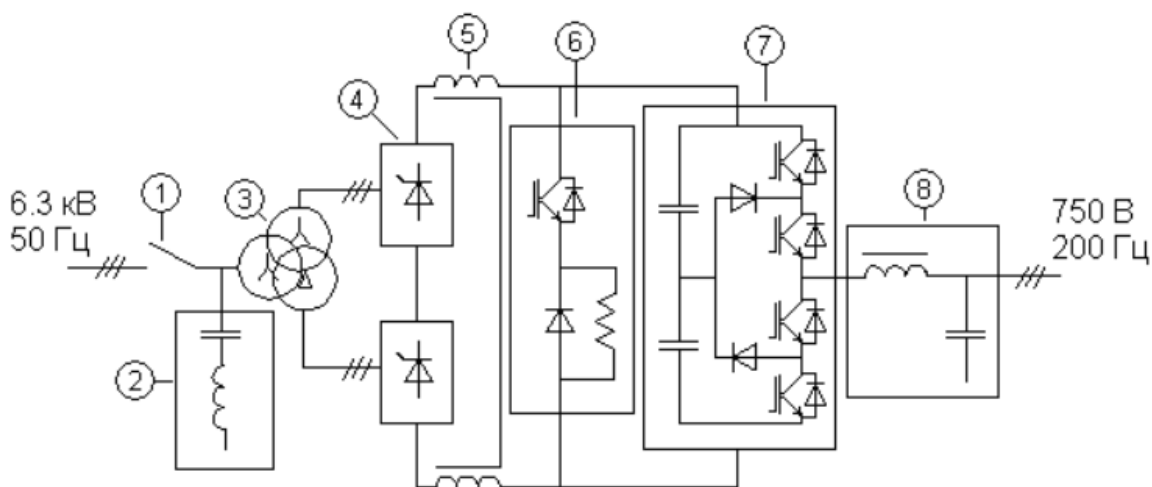


Рисунок 1 – Структурна однолінійна схема перетворювача:

1 – вакуумний вимикач; 2 – фільтр-компенсуючий пристрій; 3 – знизувальний трансформатор; 4 – випрямляч; 5 – згладжувальні реактори; 6 – блок резистивного гальмування; 7 – інвертор; 8 – вихідний фільтр напруги.

Напруга мережі живлення електродвигуна, яка становить 6,3 кВ за допомогою вакуумного вимикача 1, що виконує захисні функції і дозволяє відключити напругу силової мережі в разі виникнення аварійного режиму, подається до входу перетворювача частоти (ПЧ). Для поліпшення гармонійного складу споживаного струму і часткової компенсації реактивної потужності, споживаної перетворювачем з мережі живлення, на вході ПЧ

встановлено фільтр-компенсуючий пристрій 2. Далі встановлений знижувальний трансформатор 3, обмотки якого з'єднані за схемою Y/Y- $\Delta$  – він забезпечує необхідний рівень напруги на вході випрямляча і узгоджує напругу мережі живлення (6,3 кВ) і двигуна (750 В). Застосування такого трансформатора обумовлено необхідністю поліпшення показників впливу на мережу живлення[2].

Далі знижена напруга подається до керованого випрямляча 4, який виключає необхідність встановлення допоміжних ланцюгів попереднього заряду конденсаторів кола постійного струму і одночасно дозволяє більш точно підтримувати необхідну напругу в колі постійного струму, знижуючи втрати в інверторі і покращуючи гармонійний склад вихідної напруги. Блок резистивного гальмування 6, який встановлений після випрямляча, дозволяє скидати зайву енергію, що може утворюватися при швидкому гальмуванні двигуна перетворювачем, а також в разі надмірного створення моменту на валу електропривода.

Згладжувальні реактори 5, встановлені на шинах інвертора, дозволяють позбутися пульсації випростаної напруги. Для створення напруги підвищеної частоти в перетворювачі передбачений трирівневий інвертор 7, побудований на швидкодіючих IGBT-модулях і виконаний за схемою з фіксованою нульовою точкою. Робоча частота ШІМ зазвичай у подібних перетворювачах обирається близькою до 5 кГц [3].

На виході інвертора встановлений силовий фільтр 8, за допомогою якого забезпечується синусоїдальна форма напруги на затискачах електродвигуна. Спотворення вихідної напруги, що пов'язані з роботою ШІМ-перемикачів, таким чином становлять частки відсотка від номінального значення. Це дозволяє виключити виникнення небажаних хвильових процесів і перенапруг в кабелі і обмотках статора, пов'язаних зі значною частотою перемикання силових транзисторів.

У перетворювачі частоти використовується принцип фільтрації ШІМ, при якому реактивна потужність конденсаторів вибирається еквівалентною реактивній потужності електродвигуна разом з вихідним індуктивним фільтром (дроселем). Магнітопровід дроселя фільтра виготовлений з електротехнічної сталі, його розміри обумовлені втратами в сталі від ШІМ-пульсацій. Оскільки частота пульсацій висока – індуктивність дроселя також достатньо значна, отже це не потребує збільшення його розмірів і маси.

Управління напругою випрямляча, а також вихідною напругою перетворювача здійснюється вбудованою в перетворювач системою, організованою на швидкодіючому цифровому сигнальному процесорі. Він формує імпульси управління випрямляча і інвертора, які передаються від блоку системи управління за допомогою оптоволоконного кабелю.

Застосування оптоволоконного зв'язку допоможе вирішити проблему перешкодозахищеності і забезпечить гальванічне розв'язання блоку керування і драйверів IGBT-транзисторів. За допомогою пропонованого перетворювача може бути реалізовано векторне управління електроприводом,

що дасть змогу обійтися без використання датчика швидкості. У разі виникнення аварійної ситуації можна передбачити запис вхідних і вихідних параметри перетворювача в енергонезалежну пам'ять у вигляді осцилограм з фіксацією події в хронологічному порядку в текстовому протоколі. Згодом, ці осцилограми і протоколи можуть бути передані до ftp-серверу для подальшої діагностики неполадок [4] або безпосередньо записані на зовнішній носій.

#### **Список використаних джерел**

1. Rui Rong, YaoHua He. "An 820A compact IGBT module with new chip technology for automotive inverter application" in PCIM Asia International Exhibition and Conference for Power Electronics, August 2017.
2. Остриров В. Рациональные схемы преобразователей частоты для мощных синхронных индукторных электроприводов. / В. Остриров, К. Мильский // Электронные компоненты. – 2008. – №11. – С. 26-31.
3. Филатов В. Двух- и трёхуровневые инверторы на IGBT. Перспективные решения / В. Филатов // Силовая электроника. – 2012. – №4. – С. 38-41.
4. Kurashkin S.F. Mathematical model of asynchronous motor diagnosis / S.F. Kurashkin, I.A. Popova, V.S. Popryaduhin, O.V. Kovalov // Science progress in European countries: new concepts and modern solutions. Proceedings of the 6th International conference. ORT Publishing. Stuttgart, Germany. 2019. Pp. 361-366.

**Науковий керівник:** *Курашкін С.Ф., к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

### **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ОБМЕЖЕННЯ КОМУТАЦІЙНИХ ПЕРЕНАПРУГ**

**Сідельников Б. Ю., E-mail: [bogdansidelnikov@gmail.com](mailto:bogdansidelnikov@gmail.com)**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Від перенапружень в мережі залежить стан ізоляції електроустаткування, що визначає надійність роботи і безпеку його обслуговування. Окрім атмосферних перенапружень і перенапружень, обумовлених однофазними замиканнями на землю в мережах з ізольованою нейтраллю, вагомий вплив на ізоляцію електроустаткування роблять комутаційні перенапруження, особливо в установках з частими комутаціями (рис. 1).

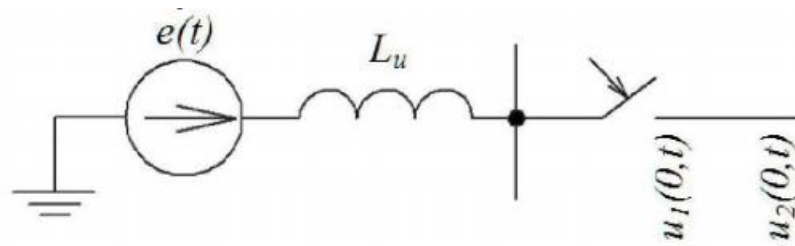


Рисунок 1 – Підключення розімкненої лінії до джерела  $e(t) = E_m \sin(\omega t + \varphi)$

Комутаційна перенапряга (КП) виникає при зміні режиму роботи електроустановки, наприклад, при вимкненні короткого замикання, вимкненні і вмиканні навантаження, раптовій значній зміні навантаження. Така перенапряга виникає в результаті виділення в перехідному процесі накопиченої в електроустановці енергії, яка визначає кратність перенапряги по відношенню до номінальної [3].

Головними причинами перенапружень на ізоляції окремого приєднання при комутації навантаження являються зріз струму і повторні запалення дуги. Зріз струму характерний для вимикачів будь-якого типу (масляних, електромагнітних, повітряних, вакуумних, елегазових), що застосовується сьогодні. У вакуумних вимикачах причиною зрізу струму є нестійкість дуги при малих струмах, оскільки вона горить в парах металу контактів. Окрім величини струму, на перенапруження при зрізі, впливають індуктивність навантаження і ємність приєднання. Дослідження показали, що із зростанням номінальної потужності електродвигунів, що відключаються, середні і максимальні КП зменшуються. Це пояснюється, в основному, зниженням хвильового опору обмоток [1].

Збільшення ємності системи кабель - електродвигун і активно-індуктивного опору кабелю призводить до зменшення амплітуди, крутизни і числа імпульсів КП при повторних запаленнях дуги у вимикачі.

Прийнято вважати, що при значній довжині приєднання, перенапружень із-за зрізу струму у вимикачі взагалі не виникає. Наявність навіть невеликого активного навантаження на вторинній стороні силового трансформатора, що відключається, також виключає виникнення перенапружень внаслідок зрізу.

Першим досвідченим засобом обмеження КП стали вентиляльні розрядники, але, маючи великі габарити, вентиляльні розрядники (РВМГ, РВМК, РВМКГ, РВРД) не змогли забезпечити надійне обмеження комутаційних перенапружень. Останніми роками, як в Україні, так і за кордоном в електричні мережі активно впроваджують нелінійні обмежувачі перенапружень (ОПН) [2].

ОПН є нелінійним резистором на основі ZnO з високим коефіцієнтом нелінійності, завдяки чому при номінальній фазній напрузі він пропускає досить малий по величині струм - 1 мА. При збільшенні напруги опір ОПН різко зменшується, а струм, що протікає через нього, зростає. За даними каталогів продукції ряду найбільших фірм, працюючих в області виробництва електротехнічних продуктів, рівень обмеження перенапружень нелінійними

обмежувачами типу ОПН КР/TEL і ОПН РТ/TEL складає (2,8 - 3,6) Уф. Але в ОПНів є певні недоліки так, наприклад, при захисті від КП електродвигунів великої потужності при їхній комутації вакуумним вимикачем викликає появу «зони завмирання» у роботі ОПН, тобто на певному проміжку часу ОПН не реагує на КП, отже, не обмежує їх, що сприяє виникненню електричного пробою ізоляції обмоток електродвигунів. Подібний ефект спостерігається якщо частота комутаційного імпульсу перевищує 45 кГц (рис.2).

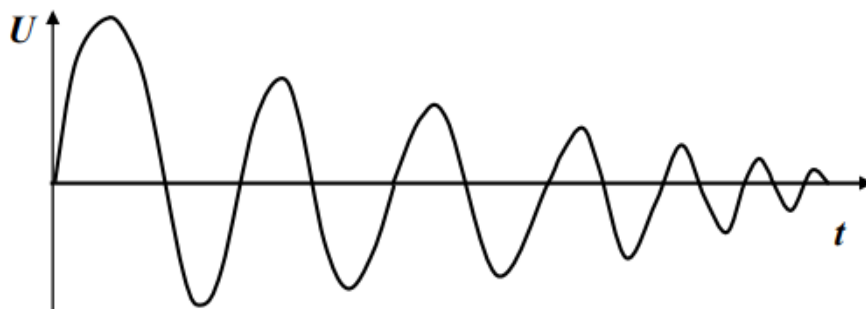


Рисунок 2 – Форма імпульсу комутаційної перенапруги

Поширеним засобом захисту двигунів і трансформаторів від КП, являється під'єднання RC-ланцюжків між комутаційним апаратом (КА) і навантаженням. RC-ланцюжок складається з конденсаторів 0,1 - 0,5 мкФ і резисторів 25 - 100 Ом з'єднаних послідовно. Конденсатори зменшують хвильовий опір ланцюга навантаження, знижуючи тим самим перенапруження, викликані зрізом струму, а резистори сприяють загасанню високочастотного струму, регулюють дію на інші фази і разом з конденсаторами зменшують імовірність повторного запалення дуги в комутаційному апараті. Рівень обмеження перенапружень RC-ланцюжками складає (1,8 - 2,4) Уф. Таким чином, для глибокого обмеження перенапруг, найбільш ефективним способом захисту є застосування RC-ланцюжків, але при цьому слід чітко визначити, в яких випадках необхідно глибоке обмеження перенапруг. Так, наприклад, електродвигуни з індивідуальною компенсацією не вимагають подібних заходів захисту [1].

Для обмеження КП зараз використовуються ОПН, RC-обмежувачі і RC-гасителі. Вибір пристроїв захисту від КП і місця їх встановлення без урахування параметрів, об'єкта, що захищається, типу комутаційного апарата і кабельної лінії, наявності вищих гармонік у мережах 6 – 10 кВ, частоти комутаційного імпульсу приводить до низької ефективності пристроїв, а в певних випадках до їхнього термічного руйнування. Визначальними чинниками вибору засобів захисту від комутаційних перенапружень являються допустимий рівень перенапружень для кожного типу устаткування і умови електробезпеки.

### Список використаних джерел.

1. Основи електропостачання сільського господарства : Навчальний посібник / Коваленко О. І., Коваленко Л. Р., Мунтян В. О., Радько І. П. Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2011. 462 с.

2. Технічна політика НЕК “Укренерго” у сфері розвитку та експлуатації магістральних та міждержавних електричних мереж URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2019/10/Tehpolityka-redaktsiya-2019-dlya-rozmishhennya-na-sajti>. (дата звернення: 28.10.2021).

3. Василець С. В., Василець К. С. Техніка високих напруг: навчальний посібник [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2018. 187 с.

**Науковій керівник:** *Постнікова М.В., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## СУЧАСНИЙ СТАН РОЗВИТКУ ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ

**Смуригін М. В., [miha.smurygin@gmail.com](mailto:miha.smurygin@gmail.com)**

*ВСП «Мелітопольський фаховий коледж Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*

Людино-машинний інтерфейс (англ. Human machine interface, HMI) — термін, що охоплює інженерні рішення, котрі забезпечують взаємодію оператора з керованими ним машинами.

Під «машиною» в цьому випадку розуміється система з усіх технічних засобів, що бере участь у процесі вимірювання, контролю, сигналізації та керуванні, а під «людиною» – оператор-технолог, який бере безпосередню участь в процесі керування.

Сучасний стан розвитку технологічних процесів відрізняється великою кількістю параметрів контролю і керування. Звичайно, таке зростання і ускладнення систем керування викликане необхідністю покращення якості продукції, зменшення її собівартості, попередження та уникнення аварійних ситуацій, що ускладнює або унеможлиблює керування системою безпосередньо оператором - людиною. Кількість і швидкість зміни параметрів технологічних процесів останнім часом настільки зросла, що виникає необхідність переводу систем керування на інший рівень.

У більшості випадків, виникає необхідність переходу систем керування з «автоматизованих» до «автоматичних». Великий обсяг інформації вимагає від оператора виконання складних оперативних дій, прискорення реакції, необхідності одночасного контролю різнопланових ситуацій. Частина оперативного контролю приймає на себе «машина», тому гостро постає проблема створення людино-машинного інтерфейсу, як засобу взаємодії.

Створення систем людино-машинного інтерфейсу тісно пов'язане з ергономікою, охоплює створення робочого місця (крісла, столу, або пульта

керування), розміщення приладів і органів керування, освітлення робочого місця, і т.і.. Необхідно враховувати взаємодію оператора з органами керування: їх доступність і потрібні зусилля, узгодженість (несуперечність) і «захист від дурня», розташування дисплеїв і розміри написів на них.

В залежності від сутності взаємодії розрізняють різні види інтерфейсів:

- 1) командний інтерфейс;
- 2) WIMP – інтерфейс (Window – вікно, Image – образ, Menu – меню, Pointer – покажчик);
- 3) SILK – інтерфейс (Speech – мова, Image – образ, Language – мова, Knowledge – знання).

Основними факторами, що визначають розвиток людино-машинних інтерфейсів (ЛМІ), є зростання можливостей та ускладнення АСУТП. Незважаючи на збільшення можливостей з видачі більшої кількості інформації, її обробки та відображення, якість реалізації інтерфейсів переважно падає. Відповідно до комплексних досліджень виробництв США, Канади та Європи, проведених консорціумом ASM, який включає компанії Honeywell, Shell, BP та ін., джерелами ненормального ходу технологічного процесу багато в чому є помилки операторів-технологів та помилки організації виробництва. Відсоткова частка таких помилок становить 35–58%.

#### **Список використаних джерел:**

1. Abnormal situation management – effective automation to improve operator performance U.S.A., Philadelphia : Honeywell Inc, 2007.
2. Сердюк С. Ергономічні питання проектування людино-машинних систем. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014.
3. Анохин А. Проблемы организации человеко-машинного интерфейса АСУ ТП АЭС Доклады БГУИР. 2015.Т. 88.

**Науковий керівник:** *Миронець С.Д., методист, викладач вищої категорії, ВСП «Мелітопольський фаховий коледж ТДАТУ імені Дмитра Моторного».*

## **АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ЕЛЕКТРООПАЛЕННЯ ЖИТЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ**

**Іванов В.С.,** *mozgochinivanov2002@gmail.com*

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Закордонний досвід свідчить про широке використання електроенергії для опалення будинків. Причинами цього є співвідношенням ціни на електроенергію і паливо, поширення децентралізованої системи тепlopостачання для малоповерхових будівель, м'який клімат. Одним з важливих чинників впливу на використання електроопалення є можливість автономного гнучкого теплового управління залежно від температур зовні та всередині окремих приміщень. Це дозволяє використовувати надмірне

тепловиділення, тобто теплоту, що утворюється від сонячної радіації, перебування у помешканні людей, роботи побутових електроприладів тощо. Тому електроопалення житлових приміщень, як найбільш перспективний вид опалення, останнім часом набуває особливої актуальності. Особливо на тлі постійного здороження природного газу та інших видів палива [1].

Всі системи електрообігріву можна розділити на три групи: традиційне опалення (коли рідинний теплоносій нагрівається, а потім, проходячи по системі труб та радіаторів, віддає тепло приміщенням, що опалюються), повітряне опалення (коли у якості теплоносія використовується повітря, яке подається після підігріву у приміщення, що опалюються), електричне пряме опалення (коли нагрів приміщення здійснюється без теплоносія і електрична енергія безпосередньо перетворюється у теплоту) [1 – 4].

Метою роботи є аналіз технічних засобів, які використовуються у наведених вище групах систем електроопалення з тим, щоб виявити найбільш раціональний засіб. При аналізі будемо використовувати дані, наведені у [1 – 3].

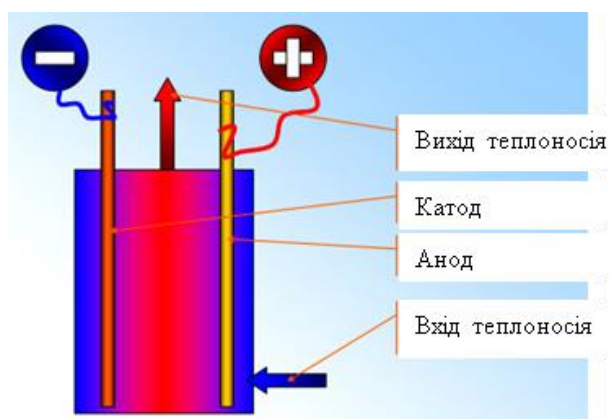


Рисунок 1 – Конструктивна схема електродного котла.

До традиційних систем електроопалення слід віднести всі види котлового обладнання, яке працює на електриці. Електричні котли за принципом дії розподіляються на такі групи: прямої дії, не прямої дії, індукційні.

В електричному котлі прямої дії відбувається іонізація води. Позитивні та негативні іони спрямовуються до відповідних електродів, а енергія, що вивільняється у ході цього процесу,

забезпечує нагрів теплоносія (тобто води). Конструктивна схема електродного котла наведена на рис. 1.

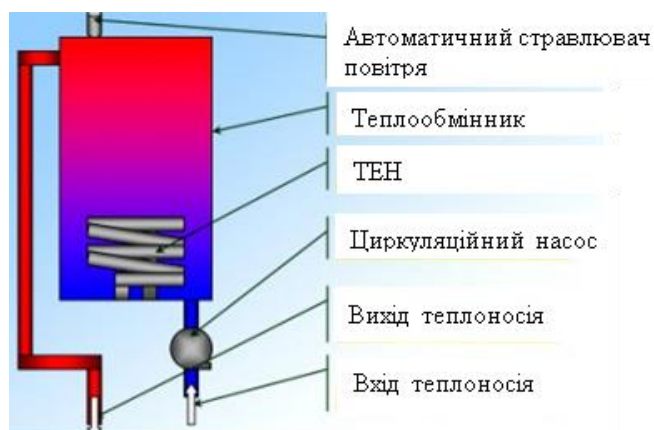


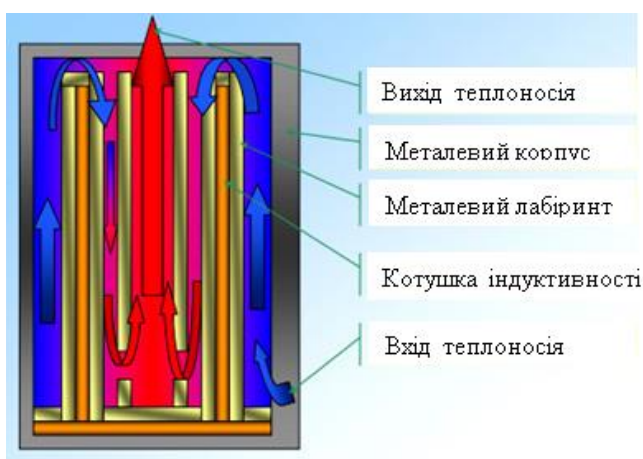
Рисунок 2 – Конструктивна схема ТЕНового котла.



До позитивних якостей таких котлів слід віднести простоту конструкції (надійність), порівняно невеликі габарити та вартість. Разом з цим, електричні котли прямої дії мають багато недоліків, головні серед яких наступні: у процесі роботи знижується коефіцієнт корисної дії, утворюється накип, виникають значні струми витоку, перегоряють електроди, змінюється електропровідність теплоносія, що може призвести до короткого замикання котла.

Принцип дії котлів не прямої дії ґрунтується на тепловій дії струму, яка спостерігається при роботі ТЕНів (трубчастих нагрівачів), які вмонтовані у сталевий резервуар теплообмінника. ТЕН нагріває теплоносії, який циркулює в опалювальній системі та обігріває приміщення. Конструктивна схема ТЕНового котла наведена на рис.2.

Позитивні якості таких котлів наступні: відсутність електричного зв'язку між нагрівачем та теплоносієм; постійна потужність, яка не залежить від теплоносія та легко регулюється; можливість роботи з перегрітим теплоносієм, у якості якого можна використовувати тосол, антифриз або воду. Електричні котли не прямої дії мають менше недоліків, головні серед яких такі: у процесі роботи перегоряє нагрівний елемент, утворюється накип, у разі сухого ходу призводять до виникнення пожеги.



Рисуніок 3 – Конструктивна схема індукційного котла.

Індукційний електродкотел – це по суті спеціальний трансформатор, розташований у зварному металевому корпусі. Принцип, за яким він працює, ґрунтується на явищі електромагнітної індукції, а саме – на індукційному нагріві матеріалів з феромагнітних сплавів. Функцію первинної обмотки здійснює котушка індуктивності, яка розташована у герметичному відсіку та не має контакту з теплоносієм, що циркулює у контурі котла. Функцію вторинної обмотки здійснює

короткозамкнений трубопровід або осердя, який в результаті нагріву вихровими струмами віддає тепло теплоносію, який циркулює всередині або навколо нього. Конструктивна схема індукційного котла наведена на рис.3.

Переваги індукційних котлів: відсутність нагрівальних елементів та роз'ємних з'єднань, що призводить до їх високої надійності; можливість роботи з будь-яким теплоносієм; широкий діапазон регулювання потужності; висока пожегобезпека. Індукційні котли теж мають певні недоліки – це великі габарити та вартість; важко відчищаються від накипу, який утворюється у процесі роботи.



Рисунок 5 – Олійний обігрівач.

Рисунок 4 – Повітряна система опалення.

Повітряні системи опалення теж потребують встановлення електрокотла, а отже мають такі ж самі переваги і недоліки, що зазначені вище. Хоча з екологічної точки зору ця система відрізняється у кращий бік у порівнянні з названими. Крім того, використання у якості теплоносія повітря підвищує надійність системи опалення, кількість повітря, яке поступає до кожного приміщення, легко дозувати шляхом повороту засувки повітроводів (рис.4). Однак, не зважаючи на наявність спеціальних фільтрів, у повітрі, яке проходить через нагрівальний

котел, залишаються дрібні частинки пилу та іншої органіки, що вигоряють або частково розкладаються на гарячих поверхнях котла, суттєво збільшуючи кількість угарного газу.

До переваг слід віднести те, що нагріте повітря сам по собі володіє серед інших теплоносіїв рядом переваг: швидкість нагріву; висока ступінь проникності; не має потреби у пристроях каналізації теплоносія. До головних недоліків слід віднести такі: низький рівень тепловіддачі повітря; важкість розподілення гарячого повітря по приміщенням внаслідок незначного напору повітря; висока шумність; надсушіння повітря та спосібність втягувати пил.

Пряме електричне опалення передбачає безпосереднє перетворення електричної енергії у теплову без наявності теплоносія. Технічні засоби прямого електрообігріву розподіляються наступним чином: олійні радіатори, настінні електроконвектори, інфрачервоні обігрівачі, кабельні та плівкові системи, теплонакопичувачі.

Олійні обігрівачі працюють на спеціальній олії, яка після нагрівання віддає тепло металевій поверхні радіатора (рис.5).

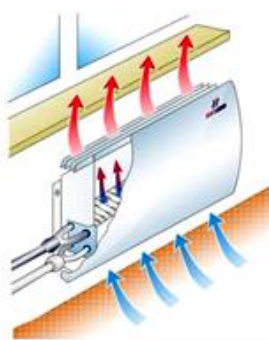


Рисунок 6 – Електроконвектор.

Позитивні якості: не спалює кисень (тобто можна використовувати протягом доби), відносно рівномірно нагріває приміщення. Негативні якості: висока енергоємність, повільно прогріває приміщення, некорисний при протягах.

Електроконвектори – це опалювальні пристрої, що складаються із захисного декоративного металевого корпусу, всередині якого знаходяться трубчасті нагрівачі. У корпусі конвектора є декілька отворів: внизу – для входу холодного повітря, зверху – для виходу нагрітого повітря (рис.6).

Позитивні якості: швидко нагріває повітря, немає шуму при роботі, компактний, споживає електричної енергії менше за олійний обігрівач. До недоліків слід віднести те, що конвекційні потоки повітря, циркулюючи

приміщеням, переносять пил та нерівномірно прогривають приміщення за висотою.



Рисунок 7 – Інфрачервоні обігрівачі.

У інфрачервоних нагрівачів передача тепла від джерела тепла до об'єкта, що обігривається, відбувається головним чином довгохвильовим інфрачервоним опроміненням. Тобто головною особливістю такого нагрівача є те, що на відміну від інших обігрівачів, які нагрівають повітря приміщення, він нагріває безпосередньо предмети у приміщенні, які в свою чергу віддають тепло повітрю (рис.7).

Позитивні якості: не спалює кисень(тобто можна використовувати протягом доби); відносно енергоефективний (споживає на 50 % електричної енергії менше за олійний обігрівач); безшумний.



Рисунок 8 – Кабельний електрообігрівач.

Негативні якості: нерівномірність нагріву всього приміщення; наявність світла, яке заважає, особливо, вночі.

Принцип дії кабельного нагрівача базується на тепловій дії електричного струму. Встановлюється нагрівач там, де і споживач тепла. Як правило, його вмонтовують у підлогу, роблячи так звану «теплу підлогу» (рис.8).

Позитивні якості: простота експлуатації, висока швидкість нагріву приміщення, легкість регулювання температури.



Рисунок 9 – Теплонакопичувач.

Негативні якості: можливість деформації покриття підлоги, значні витрати на електроенергію.

Одним з різновидів нагрівальних пристроїв «теплих підлог» є плівковий нагрівач – пристрій з резистивним прошарком товщиною до 1 мм. Резистивний прошарок після розігріву електричним струмом нагріває фольгу з алюмінію, внаслідок чого нагрівач випромінює інфрачервоне тепло яке прогриває приміщення. При цьому рівень вологості приміщення не змінюється.

Теплонакопичувач побудований та працює наступним чином. Всередині нього вмонтовані ТЕНи, які розташовані між рядами блоків магnezиту. У нічний час (використовуючи дешеву електричну енергію) ТЕНи нагрівають блоки до значних температур (порядку 7000 °C), а завдяки ефективній теплоізоляції стінок, тепло не зникає, а зберігається всередині накопичувача, як у термосі. При цьому температура поверхні накопичувача незначно підвищується. У денний час тепло, що накопичилось, віддається у приміщення (рис.9).

Позитивні якості: плавно нагріває приміщення до потрібної температури, за наявності відповідної додаткової апаратури можливість програмування температурного режиму приміщення протягом доби або тижня.

Негативні якості: значні вага та вартість.

Приведений аналіз показує, що найбільш раціональним технічним засобом традиційного електроопалення є індукційний електродвигун, а серед технічних засобів прямого електроопалення – плівковий нагрівач та теплонакопичувач.

#### **Список використаних джерел**

1. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі. М.Корчемний, В.Федорейко, В.Щербань. Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. 984с.
2. Свистунов В.М. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха объектов агропромышленного комплекса и жилищно-коммунального хозяйства. В.М.Свистунов, Н.К. ушняк Н.К. М.: Политехника, 2001. 214с.
3. Багаев А.А. Электртехнология. А.А.Багаев, А.И.Багаев, Л.В.Куликова. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. 320 с.
4. Овчаров В.В., Вовк О.Ю. Загальна електротехніка: Навчальний посібник. – Мелітополь : Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2018. 310 с.

**Науковий керівник:** *Вовк О.Ю., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **АНАЛІЗ МЕТОДІВ ШТУЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ**

**Кот А.А., *nastyakot022003@gmail.com***

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Найпоширеніший силовий агрегат, що використовується в сільськогосподарському виробництві – асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором. Асинхронні електроприводи становлять близько 95 % загальної кількості електроприводів і споживають більше половини електроенергії галузі. Широке розповсюдження асинхронні двигуни дістали завдяки високій конструкційній надійності, але у процесі експлуатації на підприємствах агропромислового комплексу України щорічно відмовляє в середньому 20 – 25 % наявного парку електродвигунів (при випробуваннях на надійність за цей час відмовляє 2 – 3 %). Це призводить до незапланованих матеріальних витрат, пов'язаних з раптовою зупинкою технологічних ліній, а також на ремонт асинхронних двигунів [1 – 3].

Таким чином, залишається до кінця невирішеною народногосподарська проблема підвищення експлуатаційної надійності асинхронних електродвигунів. Причина її існування – недостатній рівень експлуатації означених електродвигунів на підприємствах агропромислового комплексу, зокрема – відсутність достатньої інформації про їх стан. Тому однією із складових вирішення цієї проблеми є підвищення рівня експлуатації асинхронних електродвигунів за допомогою своєчасного повного контролю [4 – 6]. Це дозволить керувати станом електродвигунів і призведе до підвищення імовірності їх безвідмовної роботи на протязі запланованого строку служби в процесі експлуатації в сільськогосподарському виробництві. Отже, розроблення і впровадження стенду визначення роботоздатності асинхронних електродвигунів, який забезпечить всебічну оцінку стану цих електродвигунів, а також спростить практичну реалізацію діагностування в порівнянні з існуючою, є актуальним завданням.

Для створення вказаного стенду необхідно обрати або розробити метод навантаження асинхронного електродвигуна. Тому розглянемо процес штучного навантаження асинхронного електродвигуна, під яким будемо розуміти послідовність виконання певних операцій, спрямованих на здійснення навантаження електродвигуна у різні способи та визначення коефіцієнта корисної дії електродвигуна при номінальній потужності на його валу та номінальній напрузі на затисках.

Штучне навантаження асинхронних електродвигунів згідно [7 – 10] використовуються, головним чином, для визначення втрат активної потужності в електродвигуні та його коефіцієнту корисної дії та розподіляється наступним чином:

- безпосереднє навантаження;
- опосередковане навантаження.

Безпосереднє навантаження виконується за допомогою навантажувальної електричної машини та здійснюється такими методами:

- методом вимірювання електричних потужностей;
- методом гальмування;
- методом навантаження.

З метою визначення найбільш раціонального для діагностування асинхронних електродвигунів проаналізуємо кожен із зазначених вище методів.

Метод вимірювання електричних потужностей застосовується для визначення коефіцієнту корисної дії перетворюючих агрегатів, які складаються з двигуна та одного або декількох генераторів, що випускаються комплектно. Електричні активні потужності вимірюються на вході двигуна та виході генератора (або генераторів). Різниця вимірюваних потужностей дорівнює сумарним втратам в агрегаті, відношення потужностей дорівнює коефіцієнту корисної дії агрегату (або добутку коефіцієнтів корисної дії всіх машин, що входять до агрегату).

Метод гальмування застосовується, головним чином, для визначення коефіцієнта корисної дії електродвигунів. Гальмування здійснюється механічним або іншим гальмом із вимірювачем моменту. Потужність на валу електродвигуна визначається як добуток обертаючого моменту та частоти обертання. Активна потужність, яку споживає електродвигун із мережі, вимірюється ватметром.

Метод навантаження використовується як для двигунів, так і для генераторів. У якості навантаження двигуна, що випробовується, застосовується тарований генератор, який віддає енергію у мережу. У дослідах вимірюється електрична активна потужність, що підводиться до двигуна,  $P_{1д}$  та електрична активна потужність, що віддається тарованим генератором,  $P_{2г}$ . Коефіцієнт корисної дії електродвигуна, що випробовується,  $\eta_d$  визначається з урахуванням коефіцієнту корисної дії тарованого генератора  $\eta_g$  у такий спосіб:

$$\eta_d = \frac{P_{2г}}{P_{1д} \cdot \eta_g} \quad (1)$$

Таким чином, способи безпосереднього навантаження мають наступні недоліки:

- складність створення та вимірювання гальмівного моменту на валу електродвигуна, що випробовується;
- необхідність забезпечення при вимірюваннях того ж теплового стану електродвигуна, що випробовується, що і в режимі роботи, для якого визначається коефіцієнт корисної дії (недотримання цієї умови призводить до значної похибки при визначенні коефіцієнту корисної дії внаслідок зміни втрат в електродвигуні, що випробовується, в залежності від температури).

Вказане вище обумовлює високу вартість технічної реалізації вказаних методів, крім того стандарти дозволяють використовувати безпосереднє навантаження для асинхронних електродвигунів, у яких коефіцієнт корисної дії менше 70 %.

Опосередковане навантаження виконується, головним чином, наступними методами:

- методом взаємного навантаження;
- методом динамометра (або тарованого двигуна);
- методом розділення втрат потужності.

Метод взаємного навантаження полягає у тому, що дві однакові електричні машини з'єднують механічно та електрично так, щоб одна з них працювала у режимі двигуна та передавала всю потужність, що розвиває, другій машині, яка працює в генераторному режимі та повертає електричну енергію до мережі. При випробуваннях у генератора регулюють частоту струму за законом  $f = f_H(1 - 2s)$ , а між валами машин включений редуктор с передавальним відношенням  $1 + 2s$ . Суму втрат визначають за потужністю, що споживає двигун,  $P_{1д}$  та потужністю, що віддає генератор,  $P_{2г}$  у такий спосіб:

$$\Delta P = \frac{P_{10} - P_{20}}{2}. \quad (2)$$

Метод динамометра (або тарованого двигуна) полягає у тому, що електричну машину, що випробовується, обертає динамометр або тарований двигун з номінальною частотою обертання. При цьому збудження електричної машини, що випробовується, здійснюється від незалежного джерела. Цей метод застосовують для машин постійного струму та синхронних машин для визначення втрат в магнітопроводі, механічних втрат та суми основних втрат в обмотці якоря та додаткових втрат синхронних машин потужністю більше 100 кВ·А.

Метод розділення втрат потужності полягає у роздільному визначенні втрат активної потужності в окремих вузлах асинхронного електродвигуна. Втрати в магнітопроводі та механічні втрати визначаються з досліду холостого ходу при номінальній напрузі шляхом розділення втрат потужності в досліді. Електричні втрати в обмотках визначаються при номінальному струмі з досліду короткого замикання шляхом розділення втрат потужності в досліді. Додаткові втрати активної потужності приймаються 0,5 % від номінальної потужності, що споживає асинхронний електродвигун.

Отже, для використання методу розділення втрат потужності не потрібно мати додаткову електричну машину та дуже коштовне специфічне обладнання. Внаслідок цього для навантаження асинхронного електродвигуна пропонується використовувати досліди холостого ходу і короткого замикання, як граничні режими його роботи. Для знаходження коефіцієнта корисної дії пропонується визначати за результатами цих дослідів втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні при номінальній потужності на його валу  $P_n$  та номінальній напрузі на затискачах  $U_n$ . Таким чином, для навантаження асинхронного електродвигуна даний метод є найбільш раціональним.

#### **Список використаних джерел**

1. Овчаров В.В. Вовк О.Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів // Праці Таврійського державної агротехнічної академії: наукове фахове вид., Вип. 1, Т.21. Мелітополь: ТДАТА, 2001. С. 4-6.
2. Вовк О.Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів в експлуатації // Праці Таврійської державної агротехнічної академії: наукове фахове вид., Вип. 32 – Мелітополь: ТДАТА, 2005. С. 74-85.
3. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Технологія періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове вид., Вип. 11, т. 3. Мелітополь: ТДАТУ, 2011. С. 80-88.
4. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Безменнікова Л.М. Обґрунтування параметрів функціонального стану асинхронних електродвигунів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Вип. 8. Т. 9. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. С. 129-137.

5. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Енергозберігаюче керування асинхронними електродвигунами прикладеною напругою // Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного : електронне наукове фахове видання / ТДАТУ. - Мелітополь: ТДАТУ, 2020. - Вип. 10, том 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-27.
  6. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Періодичний контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ ім. Д. Моторного, 2020. Вип. 20, т.4. С. 115-125.
  7. Коварский Е.М., Янко Ю.И. Испытание электрических машин. М.: Энергоатомиздат, 1990. 320с.
  8. Гольдберг О.Д. Испытания электрических машин: Учебное пособие. М.: Высшая школа, 1990. 255с.
  9. Васильев С.Е., Забарский Б.М., Забокрицкий Е.И., Холодовский Б.А. Справочник по наладке электроустановок и электроавтоматики. – К.: Наукова думка, 1972. 624с.
  10. Справочник по электрическим машинам: В 2-х т., Т.1 / Под общ. ред. И. П. Копылова, Б. К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат, 1988. 456с.
- Науковий керівник:** *Вовк О.Ю., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **РОЗРОБКА БЛОКУЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ПРЕСУ МАКАРОННИХ ВИРОБІВ**

**Щербаков С.В.,**[sherbak16032000@gmail.com](mailto:sherbak16032000@gmail.com),  
**Іванов М.В.,**[ivanov.maksus@gmail.com](mailto:ivanov.maksus@gmail.com)

На ефективність використання робочих машин в умовах АПК суттєво впливає експлуатаційна надійність електропривода, головнимв якому є асинхронний електродвигун (АД). Основними причинами, що впливають на термін експлуатації АД приводу макаронного пресу, є низька якість напруги мережі, перевантаження збоку робочої машини та порушення правил експлуатації. Найважчими аваріями напруги мережі вважаються: неприпустиме зниження або підвищення напруги, порушення її симетрії (неповнофазність). Висока аварійність АД обумовлює необхідність вдосконалення існуючих або розробки нових засобів захисту від аварійних режимів роботи. Робота АД в умовах несиметричних і неповнофазних режимів супроводжується значним зменшенням моменту обертання, підвищенням фазних струмів і, як наслідок, перегріву фазної ізоляції обмоток статора і підвищеній витраті ресурсу її ізоляції. Перевантаження збоку робочої машини, несиметричні режими призводить до підвищення втрат теплової енергії в обмотках, підвищеному нагріву ізоляції обмоток і тепловому старінню. Отже, розробка блоку для захисту АД приводу пресу в процесі їх експлуатації є



доцільним питанням, яке спрямоване на підвищення їх експлуатаційної надійності і ресурсозбереження.

Розроблена структурна схема блоку для захисту приводних АД пресу макаронних виробів, що наведена на рисунку 1.

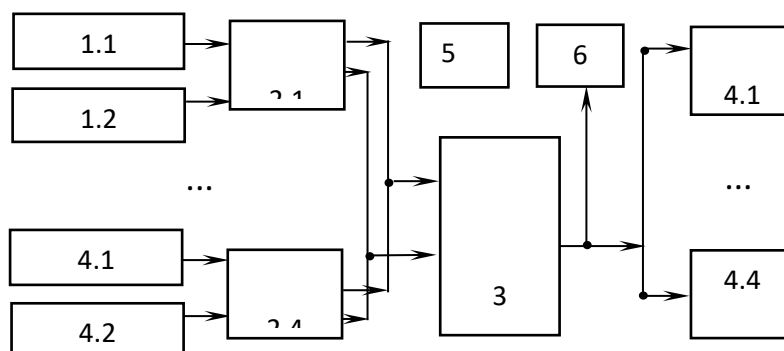


Рисунок 1 – Структурна схема блоку захисту АД пресу

Блок захисту передбачає контроль режимів роботи чотирьох АД і містить наступні блоки: вимірювання фазної напруги АД (1.1-4.1); вимірювання температури обмоток статора АД (1.2-4.2); вторинного перетворення сигналів перетворювачів і збору даних про режими роботи АД (2.1-2.4); мікроконтролер для обробки даних режимів роботи АД (3); виводу даних контролю режимів роботи асинхронних двигунів (4.1-4.4); живлення елементів блоку і світлової індикації нормальної роботи блоку живлення (5); світлової сигналізації аварійного відключення АД (6). Блок для захисту підвищує експлуатаційну надійність АД електроприводу пресу макаронних виробів та збільшує строк служби АД.

#### Список використаних джерел

1. Попова І.О., Курашкін С.Ф., Попядухін В.С. Контроль несиметрії напруги на затискачах асинхронних електродвигунів технологічної лінії. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації: матеріали ХХІХ Між нар. наук.-практ. інтернет-конф. Переяслав-Хмельницький*, 2017. Вип. 29. –С.650-652.
2. Попова І.О. Пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем. II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь*, 2020. с. 44-45.

**Науковий керівник:** Попова І.О. П. П., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного.

## КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЯК СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ АКТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Яцина Д.С. E-mail: [yatsinadavid37@gmail.com](mailto:yatsinadavid37@gmail.com),

Курчанов А.А., E-mail: [artiklook@gmail.com](mailto:artiklook@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра  
Моторного

Задачі максимальної економії всіх видів ресурсів, і в першу чергу енергетичних, є на сучасному етапі одним із актуальних: в області електроенергетики ці задачі зводяться до зниження втрат електроенергії. Реактивна енергія необхідна для створення змінних магнітних полів у індуктивних електроспоживачах і не виконує безосередньо корисної роботи. Однак, реактивна потужність суттєво впливає на такі параметри системи електропостачання, як втрати потужності і електроенергії, пропускну спроможність і рівні напруги у вузлах електричної мережі. Реактивний струм додатково навантажує лінії електропередачі (ЛЕП), що призводить до збільшення перерізів проводів і кабелів і, відповідно, до збільшення капітальних витрат на внутрішньо виробничі та зовнішні електричні мережі. Реактивну потужність, поряд з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а відповідно, підлягає оплаті за діючими тарифами, тому становить значну частину рахунку за електроенергію. Компенсація – це ключ до рішення питання енергозбереження. Найбільш ефективним способом зниження втрат є установка в мережі компенсуючих пристроїв [1,2].

Показником споживання реактивної потужності є коефіцієнт потужності  $\cos\varphi$ , який визначається як

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad (1)$$

де  $P$ ,  $Q$ ,  $S$  – відповідно, активна, реактивна і повна потужності споживачів, Вт, VAR, VA.

При низьких коефіцієнтах потужності і споживачів для забезпечення передачі їм заданої активної потужності треба вкладати додаткові витрати на спорудження більш потужних електростанцій, збільшувати пропускну потужність мереж і трансформаторів та внаслідок цього нести додаткові експлуатаційні витрати. Передача реактивної потужності по мережі призводить до додаткових втрат напруги в них. Розмір втрат активної потужності  $\Delta P$  в мережі, в залежності від коефіцієнта потужності  $\cos\varphi$ , активного опору і напруги мережі, визначається

$$\Delta P = \frac{P^2}{U_1^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot r, \quad (2)$$

де  $U_1$  – напруга на початку лінії електропередачі мережі, В;  
 $r$  – активний опір лінії електропередачі, Ом.

З (2) видно, що втрати потужності зворотно залежать від квадрату напруги і квадрату коефіцієнта потужності  $\cos\varphi$ , тобто необхідно прагнути до підвищення коефіцієнта потужності, оскільки низький  $\cos\varphi$  несе: високі втрати активної потужності в мережі, за рахунок протікання реактивної потужності; великі перепади напруги в мережах; необхідність збільшення габаритної потужності генераторів, перерізів кабелів, потужностей силових трансформаторів.

З цього слід, що компенсація реактивної потужності край необхідна. Основними джерелами реактивної потужності, які встановлюються на місці споживання, є синхронні компенсатори і статичні конденсатори. Найбільш широко використовують статичні конденсатори на напругу до 1000 В і 6-10 кВ. Синхронні компенсатори встановлюють на напругу більше 6-10 кВ районних підстанцій. Статичні конденсатори і синхронні компенсатори є джерелом реактивної потужності. На рис.1а проілюстрована передача електричної потужності від електростанції  $G$  до розподільчої підстанції  $T2$ : потужність, що передається, становить  $P+jQ$  при відсутності компенсації реактивної енергії [3].

При встановленні у споживача статичних конденсаторів потужністю  $Q_K$ (рис.1б), комплекс повної потужності, що передається по електромережі, буде  $\tilde{S} = P+(jQ_L-jQ_K)$ . Реактивна потужність, що береться від електростанції, зменшується, тобто компенсується на величину потужності, виробленої компенсуючим пристроєм [4].

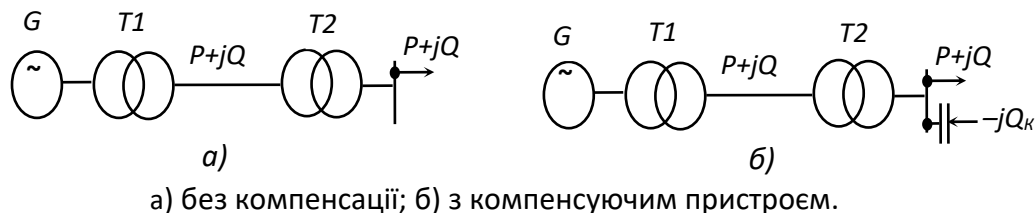


Рисунок 1. Схема електропередачі потужності споживачу

Доволі часто у мережі 1000 В і 6-10 кВ використовуються конденсаторні батареї, оскільки вони прості як в експлуатації, так і у монтажу; мають відносно невелику вартість; надійні, бо один пошкоджений конденсатор не може впливати на роботу батареї конденсаторів; безпасні в експлуатації; мають можливість використання як ступеневого, так і плавного регулювання потужності конденсаторної батареї; є фільтрами вищих гармонік. В той час, як синхронні компенсатори при своїй роботі з мережі споживають активну потужність (до 4 % від номінальної виробленої реактивної потужності); а при роботі в режимі недозбудження є споживачами реактивної потужності та мають значно більшу вартість, ніж конденсаторні батареї при однаковій виробляемій реактивній потужності. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99 [1, 5].

Використання копуючих пристроїв дозволяє вирішити одразу декілька питань: розвантажити живлячі ЛЕП, трансформатори і розподільчі пристрої; знизити втрати потужності в ЛЕП; знизити витрати на оплату електроенергії; при використанні певного типу установок знизити рівень вищих гармонік; зменшити або видалити мережеві поміхи, знизити несиметрію фазних напруг; зробити розподільчі мережі більш надійними і економічними.

**Висновки.** Пристрої компенсації дозволяють зменшити втрати активної потужності в ЛЕП, а споживачам електричної енергії дозволяють зменшити витрати реактивної потужності до 30-40 % і зменшити оплату за електроенергію.

#### **Список використаних джерел**

1. Попова І.О., Курчанов А.А. Система компенсації реактивної потужності в сільських мережах як засіб скорочення витрат *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*. III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова: зб. тез доповідей. Мелітополь, 2021. с. 34-35. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/etem/arhiv-materialiv-konferencij-2/> (дата звернення: 18.10.2021).

2. Попова І.О. Курашкін С.Ф., Попрядухін В.С. Причини і наслідки пошкоджень силових трансформаторів сільських споживчих підстанцій /Зб. наук. праць Переяслав-Хмельницького держ. пед. унів.ім. Григорія Сковороди. Вип. 31, 2017. с.618-622.

3. Кузьмин В.В., Кирилов І.Г., Малинин С.В. *Анализ средств компенсации реактивной мощности в электрических сетях Украины*. /Энергетика № 05 (99), 2012. С. 45-50.

4. Курашкін С.Ф., Попова І.О. Механізм пошкодження елементів конструкції силового трансформатора *Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України* /Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Вип.186. Харків: ХНТУСГ, 2017. С.62-63.

5. Плотников М.П. *Компенсация реактивной мощности в районных сетях*. Молодой ученый, 2011. № 12 (35). Т.1 С.37-39. URL: <https://moluch.ru/archive/35/3948/> (дата звернення: 18.10.2021).

**Науковий керівник:** Попова І.О., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

## ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МІНІЕЛЕКТРОТРАКТОРА

Солдатова О. В., E-mail: [alenasoldatova2001@gmail.com](mailto:alenasoldatova2001@gmail.com)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Для ефективної обробки сільськогосподарських ділянок, в невеликих фермерських та аграрних господарствах, успішно використовується така компактна, але багатofункціональна техніка, як мініелектротрактор. Ця машина здатна виконувати наступні види робіт: оранка легких та середніх ґрунтів, боронування і культивуація, міжрядний обробіток картоплі і буряка, внесення мінеральних добрив, покіс трав, транспортування вантажів.

Зазвичай мінітрактори оснащені дизельними або бензиновими двигунами. Один з альтернативних варіантів підвищення екологічності, а також покращення техніко-економічних показників полягає в застосування електродвигунів постійного струму послідовного збудження (ДПС ПЗ), які мають відносно прості способи регулювання швидкості та підтримують тягове зусилля [1-3]. Ефективність використання електрифікованих мобільних агрегатів підтверджена техніко-енергетичними розрахунками, наведеними в [4].

Обґрунтуємо вибір електродвигуна приводу мінітрактора. Механічні характеристики двигунів послідовного збудження  $M=f(\omega)$  (природна та штучні) за будь-якого способу регулювання швидкості наближені до гіперболи, тобто у цих двигунів у разі зміни моменту опору навантаження, кутова швидкість  $\omega$  змінюється автоматично, забезпечуючи потужність  $P_1=const$ . При цьому для керування двигуном постійного струму під час живлення від акумулятора можна застосовувати порівняно простий інвертор напруги, автотрансформатор та випрямляч, які мають невеликі габарити та вартість. Для реалізації цього ж закону регулювання, у випадку застосування як приводний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором, потрібно використати трифазний вентильний перетворювач частоти, який за вартістю в декілька разів перевищує вартість двигуна.

Електродвигуни постійного струму, на відміну від асинхронних і синхронних електродвигунів, забезпечують регулювання швидкості в широкому діапазоні як вниз від номінальної, так і вгору від номінальної шляхом ослаблення магнітного поля з використанням простих технічних засобів. При цьому коефіцієнт зміни максимальної швидкості, що характеризує регульовальні властивості двигуна,  $K_\omega=\omega_{max}/\omega_n=2-4$ . Для збільшення швидкості вище номінальної у асинхронних та синхронних двигунів необхідно підвищити живлячу напругу в 2-2,5 рази вище номінальної, що обумовлює інтенсивне нагрівання двигуна та перетворювача, істотне збільшення втрат і зниження ККД.

За пусковими властивостями та переважувальній здатності двигуни постійного струму також мають беззаперечну перевагу перед асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором.

Поряд з перевагами тягових електродвигунів постійного струму є також істотні недоліки: порівняно великі габарити і маса, наявність щітково-колекторного вузла. Великою перевагою асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором під час використання як ТЕД є надійність в роботі, відносно малі маса та габарити. Однак наявність перетворювачів частоти істотно ускладнює тяговий електропривод та значно підвищує його вартість.

Фахівцями ТДАТУ розроблено електрифікований міні-трактор. За тяговими показниками його можна віднести до тягового класу 0,2. Він обладнаний двигуном постійного струму, має раму з колесами однакового розміру. Особливістю цього енергетичного засобу є безступінчаста трансмісія, що є дуже важливою обставиною, оскільки рівень завантаження його двигуна буде завжди оптимальним. А це саме те, що потрібно для економічного використання джерела енергії даного мініелектротрактора - акумулятора. Певна річ, що тривалість безперервної роботи такого агрегату із зрозумілих причин цілком обмежена. Водночас, для роботи в умовах крупних тепличних господарств та малих фермерських господарств, даний агрегат може отримувати живлення від стаціонарної електричної мережі.

Принципова електрична схема керування акумуляторним мініелектротрактором наведено на рисунку 1.

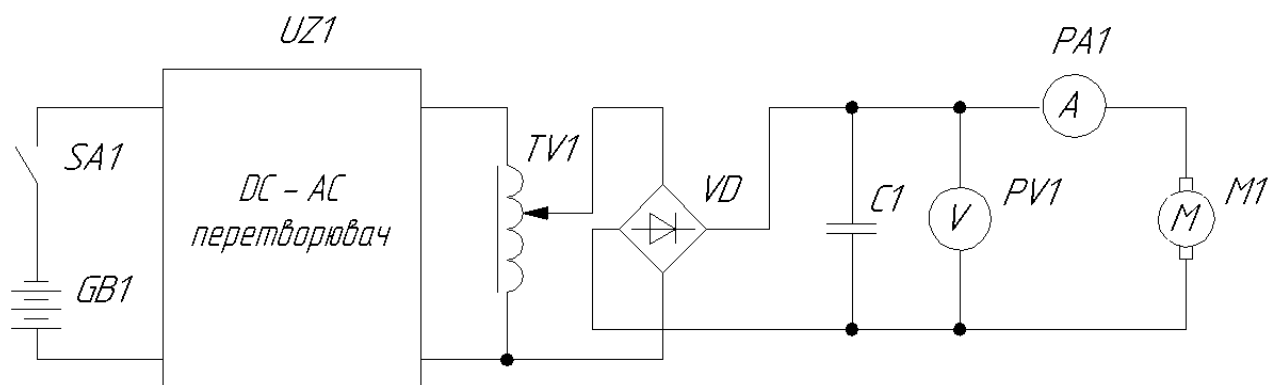


Рисунок 1. Принципова електрична схема керування двигуном приводу мініелектротрактора

Живлення схеми здійснюється від акумуляторної батареї GB1 напругою 12 В. При замиканні перемикача SA1 напруга подається на вхід інвертора UZ1. На виході з інвертора отримуємо змінну напругу 220 В, яка подається на автотрансформатор TV1, за допомогою якого здійснюється регулювання швидкості обертання якоря приводного електродвигуна M1. Випрямлення змінного струму здійснюється за допомогою діодного моста VD1. Також для контролю навантаження електродвигуна на панелі приладів встановлені амперметр PA1 і вольтметр PV1.

Мініелектротрактор є достойною заміною традиційних мінітракторів з приводом від двигунів внутрішнього згоряння. Установка тягового двигуна постійного струму дозволяє покращити його керованість, та прохідність, а також досягти необхідних експлуатаційних характеристик. За умови створення достатньо ємних акумуляторів (що вирішиться, на нашу думку, найближчим часом) використання подібного засобу малої механізації буде ефективним у польових умовах.

#### **Список використаних джерел**

1. Кувачов В.П., Куценко Ю.М., Ковальов О.В., Єгнат'єв Є.І. Електрифікований агро модуль – ефективне рішення проблем механізації рослинництва. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Вип. 12. Т.2. Мелітополь, 2012. С. 86-92.

2. Ковальов О.В., Куценко Ю.М., Назар'ян Г.Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Вип. 10. Т.8. Мелітополь, 2010. С. 228-238.

3. Квітка С.О., Ковальов О.В. Обґрунтування системи керування електроприводом ґрунтообробного мотоблоку. Вісник Сумського національного аграрного університету: Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Вип. 10/1 (29). Суми, 2016. С. 183-186.

4. Ковальов О.В., Катюха А.А., Назар'ян Г.Н. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня мотоблоків. Праці ТДАТА: Вип. 7. Т. 3. Мелітополь, 2007. С. 93-99.

**Науковій керівник:** *Ковальов О.В., к.т.н., старший викладач кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

### **ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АВАРІЙНИХ РЕЖИМІВ**

**Жарікова А. О., E-mail: [annalife91@gmail.com](mailto:annalife91@gmail.com)**

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

В наш час існує велика кількість пристроїв для захисту електродвигунів [1-3], однак практично всі вони здійснюють непрямий контроль, спираючись на такі показники як струм, температура окремих конструктивних елементів. Запропонований пристрій захисту електродвигуна (рис.1) на відміну від інших контролює безпосередньо швидкість обертання ротора двигуна.

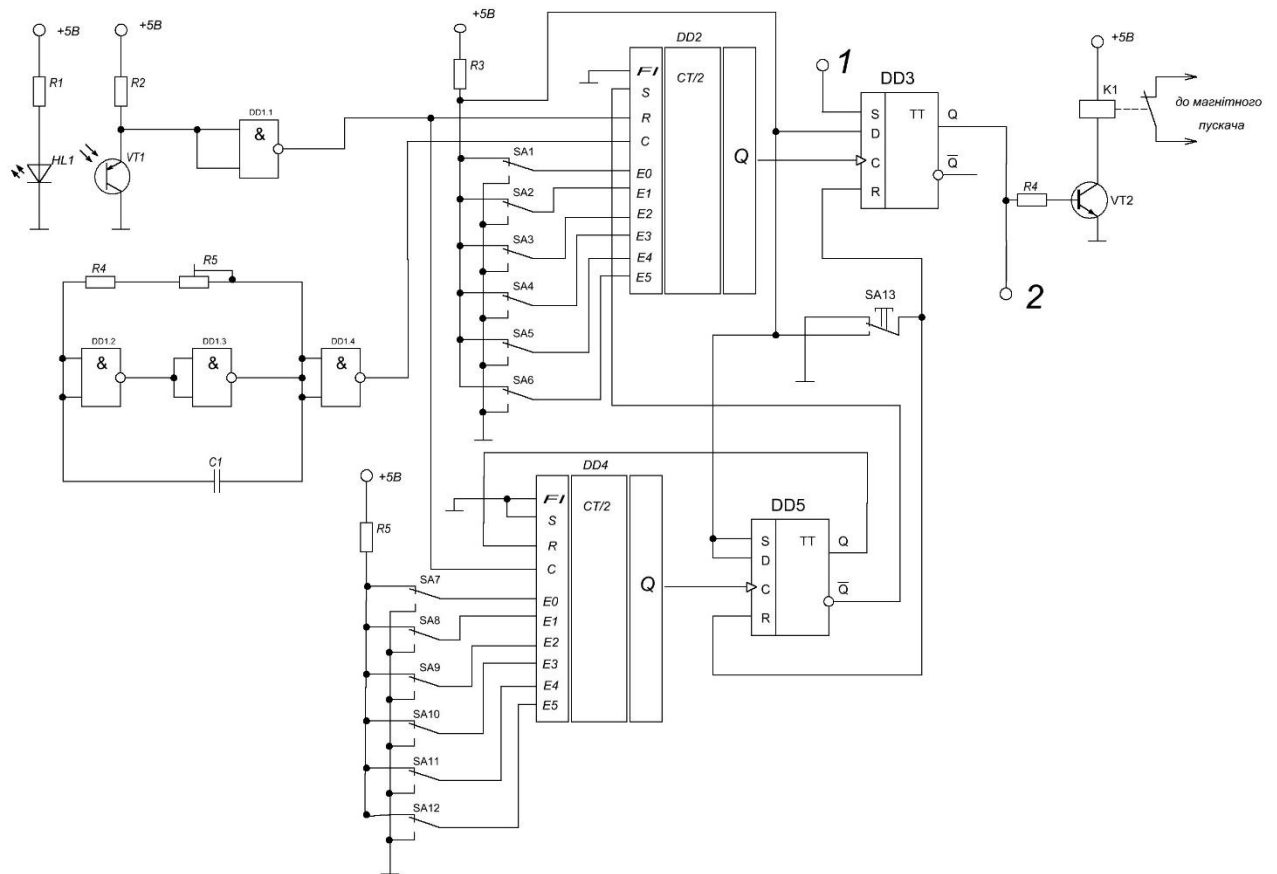


Рисунок 1 – Пристрій захисту електродвигуна від аварійних режимів

Пристрій захисту складається з інфрачервоного датчика (HL1, VT1), опорного генератора на елементах DD1.2–DD1.4, лічильника імпульсів зі змінним коефіцієнтом ділення DD2, тригера DD3, транзисторного ключа VT2, схеми затримки спрацювання на лічильнику DD4 та тригері DD5.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному: світлодіод VD1 та фото транзистор VT1 оптичного датчика частоти обертання валу електродвигуна розташовані навпроти, причому між ними пересувається металева штора з отвором, що закріплена на привідній муфті робочої машини. При проходженні отвору між світлодіодом та фототранзистором останній відкривається, що призводить до появи на виході буферного елемента DD1.1 сигналу логічної одиниці, який надійде на вхід скидання програмованого лічильника імпульсів. Одночасно з цим на тактовий вхід лічильника будуть надходити імпульси від генератора на елементах DD1.2–DD1.4.

Якщо двигун працює у номінальному режимі з номінальною частотою обертання, то проміжку часу, що проходить між імпульсами з оптичного датчика недостатні для переповнення лічильника, на його виході буде присутній сигнал логічного нуля і ключовий транзистор VT2 зачинений.

При перевантаженні електродвигуна його частота обертання почне зменшуватися, відповідно зросте проміжок часу між скиданнями лічильника імпульсів і він переповниться. Це призведе до появи на виході Q лічильника сигналу логічної одиниці, спрацюванню тригера DD3 і відкриванню



ключового транзистора VT2. Через відкритий транзистор почне протікати струм, від якого спрацює електромагнітне реле K1, що керує відповідним магнітним пускачем.

Резистор R5 дозволяє регулювати частоту імпульсів генератора, а перемикачі SA1 – SA6 – задавати коефіцієнт ділення лічильника. Це необхідно для точного встановлення критичної частоти обертання валу, досягненні якої призведе до знеструмлення електродвигуна.

Схема затримки необхідна для попередження помилкового спрацювання пристрою під час пуску електродвигуна. Працює вона наступним чином. Імпульси з датчика швидкості надходять на вхід програмованого лічильника DD4. Після того, як ротор двигуна зробить певну кількість обертів, яка буде достатня для його розгону до робочої швидкості, лічильник переповниться, на його виході з'явиться сигнал логічної одиниці. Це призведе до спрацювання тригера DD5, який зупинить роботу лічильника DD4 та дозволить роботу для DD3. Перемикачі SA7–SA12 дозволяють встановити необхідний коефіцієнт ділення лічильника.

Контакти 1 та 2 використовують для нарощування системи захисту, коли необхідно захистити кілька електродвигунів, а при аварійному режимі роботи одного з них зупинити всю групу. Така необхідність може виникнути при обслуговування технологічної лінії. Система працює наступним чином. Діоди VD1–VD3 та резистор R1 утворюють аналог логічного елементу «ИЛИ».

При спрацюванні хоча б одного з блоків A1–A3 через відповідний діод на вхід тригера надійде сигнал високого логічного рівня, що призведе до перемикання тригера DD1. В результаті цього на його інверсному виході з'явиться сигнал логічного нуля, що зупинить роботу усіх генераторів і, відповідно, усіх двигунів. Повторне вмикання можливе тільки після натискання кнопки SB1, яка поверне тригер у первісний стан. У разі необхідності використання лише одного блоку входи S та D тригера DD3 слід з'єднати разом.

**Висновки.** Застосування пристрою у системах захисту електродвигуна дозволить значно підвищити надійність та термін роботи технологічного обладнання. При відповідних модернізаціях пристрою, його можливо застосувати для пуску та регулювання швидкості обертання двигунів постійного струму усіх схем збудження, а також для захисту двигунів постійного струму послідовного збудження при аварійному скиданні навантаження.

#### **Список використаних джерел.**

1. Єрмолаев С.О., Мунтян В.О., Яковлев В.Ф. Эксплуатация энергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК. К.: Мета, 2003. 544 с.
2. Сбоев Ю. Защита электродвигателей. Радиолобитель, 1997, №6, с.
- 3.

3. Ковальов О.В. Обґрунтування оптимального режиму керування тяговим двигуном постійного струму мотоблоку. Праці ТДАТУ. 2011. Вип. 11, т.3. С. 155-164.

**Науковій керівник:** *Ковальов О.В., к.т.н., старший викладач кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## **СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНОМ ПРИВОДУ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ**

**Кот А. А., E-mail:** [nastyakot022003@gmail.com](mailto:nastyakot022003@gmail.com)

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

Малогабаритні кормоприготувальні машини постачаються підприємствами – виробниками в комплекті з електродвигунами та апаратурою керування і захисту, які підібрані відповідно до передбачуваних умов використання. На таких машинах здебільшого встановлюють одно- (серії ДАО) і трьохфазні (серій АО, 4АМ, АИР) електродвигуни, які працюють від однофазної мережі [1,2].

При роботі електродвигуна від однофазної мережі, він розвиває потужність, яка дорівнює 50-60%% потужності при роботі від трьохфазної мережі. Мінімальні ємності конденсаторів, які використовуються для пуску і роботи трифазного електродвигуна при однофазному живленні, складають не менше ніж 100 мкФ на 1 кВт встановленої потужності електродвигуна [3].

При проведенні аналізу електропривода були виявлені наступні особливості: для приводу робочих органів використовуються в основному конденсаторні двигуни, які не витримують перенавантажень і тривалої безперервної роботи та вимагають періодичних зупинок для охолодження; невелика потужність приводу, що в поєднанні з нестабільним робочим процесом, який характеризується великими коливаннями моменту навантаження на валу може викликати періодичні перенавантаження та зупинки електродвигуна. Завищення потужності двигуна призводить до погіршення енергетичних показників приводу, підвищення енергоемності процесу.

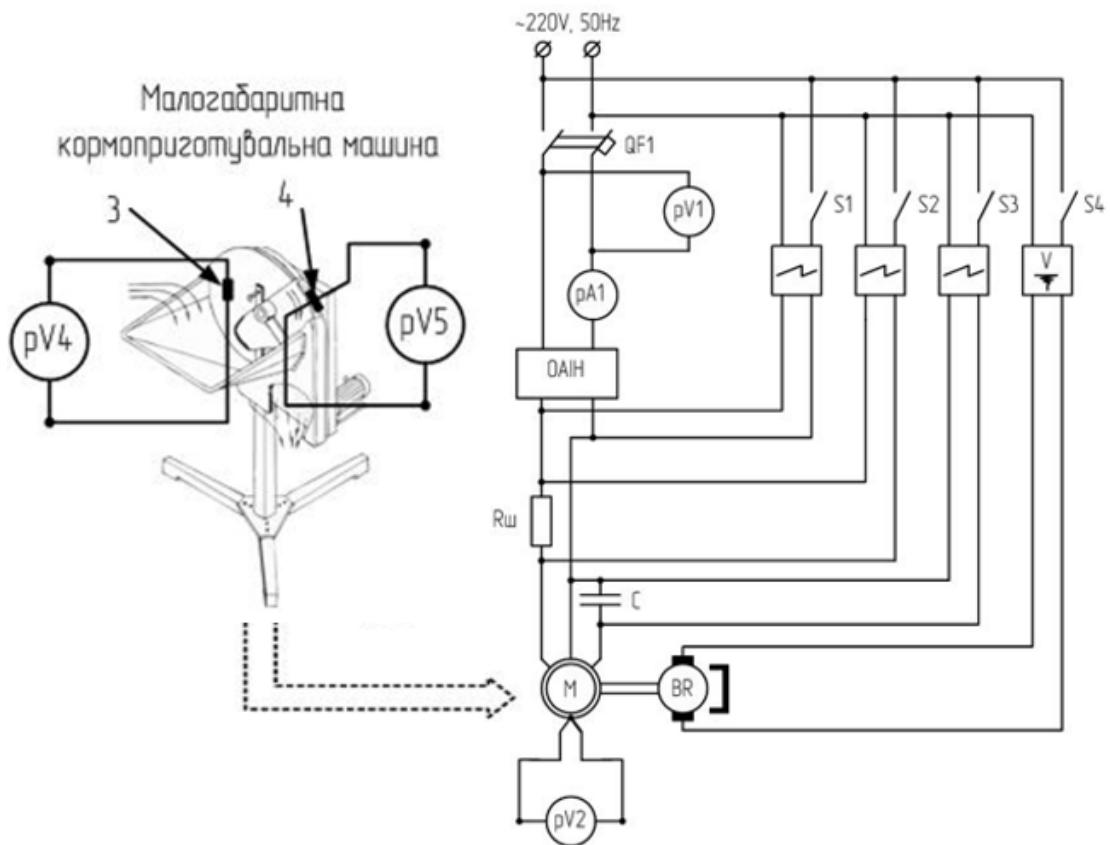


Рисунок 1 – Схема електрична принципова дослідження трифазного асинхронного електродвигуна приводу подрібнювача кормів від перетворювача напруги

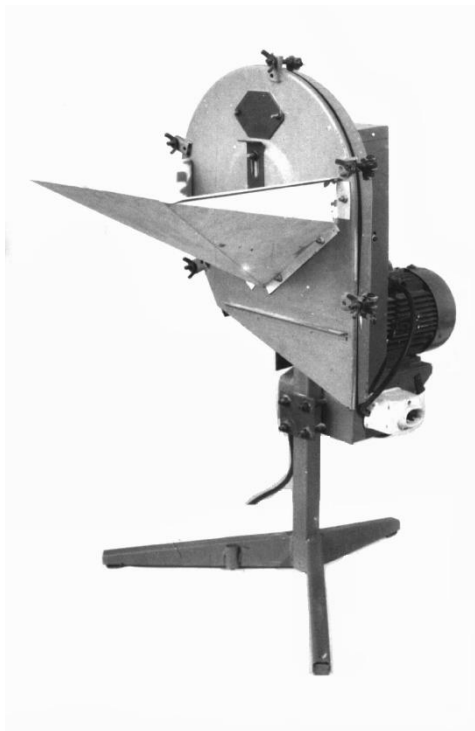


Рисунок 2 - Машина кормоприготувальна універсальна MKU-T-3-1

Об'єктом досліджень і аналізу виступала малогабаритна кормоприготувальна машина MKU-T-3-1 (рис. 2)

Основними елементами конструкції вказаної КПМ є: корпус з завантажувальним і вивантажувальним отвором, подрібнюючий апарат, вивантажувальний апарат, приводний електродвигун

При проведенні дослідження кормоприготувальної машини з встановленими датчиками тиску повітря в робочій камері та датчиками контролю динамічного тиску на решеті спостерігалися реалізації сигналу в різних режимах роботи: холостий хід та навантаження при зміні частоти обертання робочого органу.

Реалізації сигналу з датчика тиску повітря в робочій камері являють собою циклічні коливання з частотою пропорційною частоті обертання робочого органу, однак амплітуда коливань змінюється при зміні частоти обертання, крім того амплітуда сигналу змінюється випадково з неергодичним характером.

Зміна амплітуди сигналу з датчика тиску повітря в робочій камері не дозволяє кількісно оцінити характер зміни тиску – і, як наслідок, зміну швидкості евакуації подрібненого матеріалу з камери. Для компенсації збурень, що викликані проходженням робочого органу в безпосередній близькості від датчика, необхідно використовувати динамічні фільтри. Частотна складова сигналу датчика інформативна і дозволяє кількісно та якісно відстежити швидкість руху робочого органу.

Реалізація сигналу з датчика динамічного тиску на решеті має циклічну складову, яка визначається частотою обертання робочого органу. Амплітудна складова дозволяє кількісно і якісно оцінити характер зміни тиску, що визначає динаміку евакуації подрібненого матеріалу. Однак, загальна реалізація потребує розділення і урахування частотної складової, що призводить до необхідності застосування додаткових розрахункових операцій при синтезі керуючого сигналу.

Реалізація діючого значення струму статора при навантаженні з демодуляцією сигналу при використанні реалізації діючого значення струму на холостому ході, яка має «вентиляторний» характер, дозволяє оцінити, як режим роботи так і технологічні показники подрібнення матеріалу: за амплітудою реалізації сигналу – стан навантаження, за зміною першої похідної цієї реалізації – стан евакуації подрібненого матеріалу.

#### **Список використаних джерел.**

1 Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі./ Корчемний Микола, Федорейко Валерій, Щербань Володимир.– Тернопіль: Підручники і посібники, 2001. – 984 с.

2 Смуригін В. М. Зниження енерговитрат при виробництві кормів на малогабаритних кормоприготувальних машинах// Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. – вип. 6. – Харків, 2001. – с. 538 – 541.

3 Ковальов О.В. Обґрунтування оптимального режиму керування тяговим двигуном постійного струму мотоблоку. Праці ТДАТУ. 2011. Вип. 11, т.3. С. 155-164.

**Науковій керівник:** *Ковальов О.В., к.т.н., старший викладач кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*

## АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ДЛЯ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Бурак О.Ю., E-mail: [kardinal626@ukr.net](mailto:kardinal626@ukr.net)

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Знайти електромобіль в Україні завдання не з простих. На жаль, зайти в автосалон уподобаної марки і вибрати електрокар до душі в нашій країні поки що неможливо. Якщо європейськими дорогами їздить понад 50 тис. електромобілів, а в США більше 600 тис., то в нашій країні їх кількість ледве досягла сотні. Така ситуація цілком зрозуміла. У Європейському Союзі покупка електромобіля широко підтримується владою. Ситуація така, що всі світові виробники автомобілів відмовилися від поширення електрокарів в Україні. Адже їм значно вигідніше просувати електромобілі у країнах, де є державні програми з підтримки екологічно чистого транспорту.

Електродвигун (тяговий електромотор, двигун на електротязі) – мотор, який встановлюється на електротранспорт та гібридні автомобілі. У електромобілів електродвигун – єдиний двигун. У гібридних автомобілів електродвигун працює у тандемі із двигуном внутрішнього згорання. Залежно від обраного режиму роботи та схеми автомобіля включається електромотор, бензиновий двигун або два двигуни одночасно. Принцип роботи двигуна електромобіля заснований на перетворенні електроенергії на механічну енергію обертання. Головні учасники перетворення енергії – статор та ротор.

Важлива особливість класичного електрокара – відсутність диференціала, коробки передач, передавальних пристроїв із шестернями. Енергія від електромотора надходить прямо на колеса.

Принцип роботи будь-якого електродвигуна базується на процесах взаємного притягування та відштовхування полюсів магнітів на роторі та статорі. Рух здійснюється під дією самого магнітного поля та інерції.

Асинхронні та синхронні двигуни.

Синхронні двигуни – двигуни змінного струму, у яких частота обертання ротора ідентична частоті обертання магнітного поля. У автомобілебудуванні синхронні двигуни зустріти можна нечасто.

Але є виробники авто, які під час виробництва електрокарів вважають за краще встановлювати на свої машини саме синхронні двигуни. Яскравий приклад – концерн Renault. Синхронними двигунами на електромагнітах він оснастив електрокар Renault Zoe. На електромагніти подається постійний струм. Полярність магнітів ротора є стабільною. Полярність магнітів статора при цьому змінюється та забезпечує безперебійне обертання.

Перевага синхронних двигунів на електромагнітах авто – максимальна оптимізація рекуперації енергії гальмування та повна безпека при буксируванні.

Набагато популярніший варіант – асинхронні двигуни. Це двигуни змінного струму, у яких потенціал напруги магнітного поля не збігається з частотою обертання ротора. Типовим трифазним асинхронним двигуном оснащені, наприклад, добре відомі автомобілі Tesla S та Tesla X.

Переваги та недоліки електродвигунів.

Переваг у електродвигунів значно більше, ніж недоліків. Більше того, за рахунок удосконалення і конструктивних особливостей самих електроприводів та інфраструктури, пов'язаної із зарядкою, багато речей, які вчора ще здавалися критичними, сьогодні втрачають свою актуальність.

Переваги:

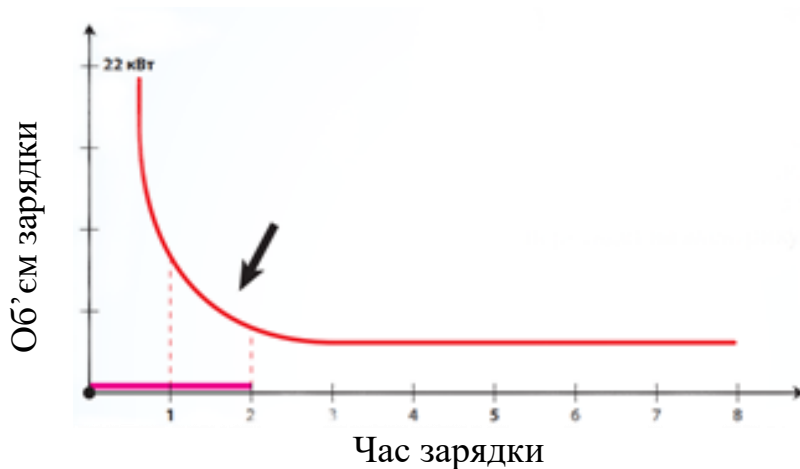
Не потрібно «розгойдування». Крутний момент досягає максимуму безпосередньо при включенні. Саме з цієї причини електричний двигун електромобіля не вимагає наявності стартерів та зчеплень – невід'ємних супутників ДВЗ.

Зручність. Для включення заднього ходу досить змінити полярність, складна коробка передач не потрібна.

Високий ККД. У машин з електродвигунами він сягає 95 %.

Недоліки. Довгий час вважалося, що найбільший мінус використання електродвигуна – його залежність від акумуляторів, які швидко виходять із ладу. Наразі це неактуально. Сучасні батареї електрокарів, які представлені в масовому випуску, гарантують пробіг автомобіля 150-200 тис. км. Втратив актуальність і той фактор, що машини з електродвигуном суттєво поступаються бензиновим за потужністю. Електротяга сучасних електромоторів не поступається ДВС.

Тому недоліки електродвигунів зараз правильно звести не до недоліків конструкції, а до погано розвиненої інфраструктури для заряджання електромобілів. Якщо в США, Скандинавії підзарядити електрокар легко, то донедавна навіть у Західній та Центральній Європі з інфраструктурою для підзарядки таких машин були проблеми.



При зарядці від звичайної розетки зовсім не обов'язково чекати 8 годин, щоб користуватися електромобілем. Його зарядка діє за принципом мобільного телефону: за перші дві години заряджається 70 % батареї і ще шість годин іде на решта 30 %.



### Двигун-колесо

Відокремлено серед електромоторів стоїть двигун-колесо. Особливість двигуна-колеса – орієнтир обертового моменту і сили напруги на конкретне колесо.

Деякі сучасні моделі моторів, що монтуються всередині коліс, цілком можуть працювати без зубчастого редуктора. Це збільшує керованість, дозволяє уникнути збільшення частки шасі, зменшити ризики, підвищує ККД.

### Список використаних джерел.

1. Електромобили. Мифы и реальность : веб-сайт. URL: [Broshura\\_Electro.indd \(electroauto.com.ua\)](http://Broshura_Electro.indd (electroauto.com.ua)) (дата звернення 08.11.2021).

2. Савич Е. Л. Устройство автомобилей Двигатели. Минск : Вышэйшая школа, 2019. 336 с.

**Науковий керівник:** *Постнікова М.В., к.т.н., доцент кафедри ЕТЕМ, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного*