

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ**  
за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції  
**«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ:**  
**ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ, ПРАКТИКА»**

20 грудня 2024 року



**Полтава 2024**

Збірник наукових праць за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика», 20 грудня, 2024 р. / Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

Редколегія: О.В. Шефер (головний редактор) та ін. – Полтава: НУ «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», 2024. – 121 с.

У збірнику представлені результати наукових досліджень та розробок в області сучасних електромеханічних систем та автоматизації, електричних машини і апаратів, моделювання та методів оптимізації, енергозбереження в електромеханічних системах, управління складними технічними системами, проблем аварійності та діагностики в електромеханічних системах та електричних машинах, інформаційно-комунікаційних технологіях та засобах управління. Призначений для наукових й інженерно-технічних працівників, аспірантів і магістрів.

Матеріали відтворено з авторських оригіналів та рекомендовано до друку IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика». Редакція не обов'язково поділяє думку автора і не відповідає за фактичні помилки, яких він припустився.

Відповідальний за випуск - д.т.н., професор О.В. Шефер.

**Редакційна колегія:**

О.В. Шефер – головний редактор, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

Н.В. Єрмілова – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»;

С.Г. Кислиця – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Б.Р. Боряк – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

## ЗМІСТ

<b>М.О. Бікченгасєв, Б.Р. Боряк</b> АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНО-КЕРОВАНОВОГО РАДІО.....	8
<b>В.В. Руденко</b> ОГЛЯД СТАНДАРТУ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ LORAWAN .....	11
<b>К.К. Брижак, А.С. Войтенко, С.В. Польцер, С.Г. Кислиця</b> ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ГЕОТЕРМАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ.....	14
<b>А.М. Капітон, О.С. Дзюбан, Р.М. Талибов</b> ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ.....	16
<b>О.С. Фомін</b> ШИРОКОСМУГОВИЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТИ.....	18
<b>Д.В. Кислиця, Г.М. Кожушко, С.Г. Кислиця</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКОМФОРТНОЇ БЛИСКОСТІ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ЗІ СВІТЛОДІОДНИМИ СВІТИЛЬНИКАМИ.....	19
<b>О.С. Фомін</b> ШИРОКОСМУГОВИЙ АДАПТИВНИЙ ДЖАММЕР ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ ДРОНІВ.....	21
<b>О.А. Іванов, Н.В. Єрмілова</b> КОНТРОЛЬ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В СОНЯЧНІЙ ПАНЕЛІ.....	22
<b>О.В. Шефер, О.Г. Дрючко, С.С. Удовик</b> З'ЯСУВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ Й ОБЛАСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДДАЛЕНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ОБ'ЄКТАМИ.....	24
<b>Л.І. Леві, Б.В. Качуровський</b> СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО КЕРУВАННЯ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИМИ ВОДАМИ.....	28
<b>В.О. Малород, Р.В. Захарченко, А.І. Криворот, П.Б. Митрофанов</b> СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО НАПРЯМКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АЗОТНОЮ СТАНЦІЄЮ.....	30
<b>В.О. Тітов, Н.В. Єрмілова</b> МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 110/10 кВ З ЖИВЛЯЧОЮ ПОВІТРЯНОЮ ЛІНІЄЮ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ.....	33

<b><i>В.О. Пантєлєєв</i></b> ІНТЕГРОВАННИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ІНЦИДЕНТІВ.....	35
<b><i>С.В. Індик, В.В. Панич</i></b> ПРОЄКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ.....	37
<b><i>М.В. Обілець, Р.В. Захарченко</i></b> ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРАКТИЧНОМУ ДОСЛІДІ.....	39
<b><i>А.В. Марчук</i></b> СЕРВІСИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ З ОБ'ЄКТНИМИ ХМАРНИМИ СХОВИЩАМИ.....	41
<b><i>О.С. Марченко, В.М. Галай</i></b> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРОМ.....	43
<b><i>О.В. Шефер, В.І. Романенко</i></b> ПОБУДОВА СЕНСОРНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИТОКУ ГАЗУ З ГАЗОПРОВОДУ.....	45
<b><i>І.М. Дюдюк, О.С. Фомін</i></b> УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗАВАДОСТІЙКІСТЮ.....	47
<b><i>О.В. Шефер, С.В. Мигаль</i></b> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ 5G ТА 6G В КОНТЕКСТІ СПОЖИВЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ.....	49
<b><i>О.Г. Дрючко, О.В. Сухоребрий, О.О. Куденко</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАКТУ OTN DWDM.....	51
<b><i>С.Г. Кислиця, С.І. Демус</i></b> РОЗВИТОК МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ МАЙБУТНЬОГО ПОКОЛІННЯ.....	54
<b><i>О.В. Шефер, І.П. Плюйко, Я.О. Зоць</i></b> ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІД ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВПЛИВІВ.....	56
<b><i>С.Г. Кислиця, Н.М. Слепченко</i></b> ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ.....	58
<b><i>С.С. Удовик</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ Li-Fi ДЛЯ ПОБУДОВИ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА.....	60

<b><i>I. Silin, V. Lysechko</i></b> MODELS FOR DESCRIBING THE CONDITIONS OF RADIO WAVE PROPAGATION INSIDE BUILDINGS.....	62
<b><i>С.В. Індик, В.О. Михайленко</i></b> ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІР ТЕЛЕФОНІЇ.....	63
<b><i>М.М. Губіцький</i></b> МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЦЕГЛИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА.....	64
<b><i>С.Г. Кислиця, А.І. Остапенко</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ СИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ.....	66
<b><i>О.Г. Дрючко, Б.С. Гребенюк, Д.А. Погрібняченко, Д.О. Фещенко, Р.А. Белей</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЗИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ.....	68
<b><i>В.М. Галай, Д.П. Плешкань</i></b> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ПОСИЛОК.....	72
<b><i>А.В. Марчук</i></b> ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯТОРА AWS СЕРВІСІВ LOCALSTACK ДЛЯ НАВЧАННЯ РОБОТІ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ ТА ІНФРАСТРУКТУРОЮ.....	74
<b><i>А.М. Капітон, Р.М. Талибов, О.С. Дзюбан</i></b> ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ..	76
<b><i>Є.О. Мельник</i></b> ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ....	78
<b><i>С.Г. Кислиця, Є.В. Вітченко</i></b> ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТУ МІНІ-ГЕС.....	79
<b><i>О.В. Шефер, А.В. Пащенко</i></b> ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ У ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСАХ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	81

<b>О.Г. Дрючко, Н.В. Бунякіна, І.А. Штанько, М.Ю. Першін, М.В. Качан</b> З'ЯСУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЇ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ.....	83
<b>Е. V. Kyslytsia, О.В. Petryaeva</b> MANAGEMENT SKILLS OF A HEALTHCARE FACILITY MANAGER IN THE CONTEXT OF TREATING PATIENTS WITH COMBAT INJURIES.....	85
<b>С.Г. Кислиця, А.С. Боровик</b> НАДІЙНІСТЬ ДУБЛЬОВАНОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО УПРАВЛІННЯ.....	87
<b>А.М. Федоренко</b> МОДЕЛЬ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ.....	89
<b>С.С. Голубцов</b> ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА СИСТЕМИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ІТС ПОЛЬОВИХ ВУЗЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ПУ РІЗНИХ ЛАНОК УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ.....	90
<b>С.В. Волоський, М.А. Штомпель</b> АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПАСИВНИХ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ТРИВАЛИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.....	92
<b>П.В. Соловійов, Л.О. Токар</b> ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ АДАПТИВНОЇ БАЗОВОЇ КЛАСТЕРІЗАЦІЇ У МЕРЕЖІ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ VANET.....	94
<b>О. Sokolov</b> INTELLIGENT ROUTING IN AD HOC NETWORKS USING NEURAL NETWORKS.....	97
<b>Л.І. Леві, М.О. Шеремет</b> ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ КОМПРЕСОРІВ.....	100
<b>С.Г. Кислиця, А.О. Ткаченко</b> РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СКРУЧУВАННЯ.....	102
<b>О.В. Шефер, О.С. Ястреба, О.С. Педченко</b> АНАЛІЗ ЧИННИКІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ У ВНУТРІШНЬОМУ ПРОСТОРІ БПЛА.....	104

<b>О.І. Євдоченко</b> ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ КОДІВ РІДА – СОЛОМОНА.....	106
<b>Є.М. Заніздра</b> АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА КОРПУСУ.....	107
<b>С.Г. Кислиця, І.О. Вишневський</b> РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ І ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ВЕНТИЛЬНОМУ ІНДУКТОРНИ ДВИГУНІ.....	109
<b>І.О. Єндіяров, Н.В. Єрмілова</b> РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМУНАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ.....	112
<b>С.Г. Кислиця, Р.М. Ковган</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ БАГАТОМОТОРНОГО ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНОГО ШАРОВОГО КОНВЕЄРУ.....	114
<b>О.А. Мешко, Н.В. Єрмілова</b> РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕННЯ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ.....	116
<b>В.В. Пушкарь</b> СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ОБМЕЖЕННЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	118

## АРХІТЕКТУРА ПРОГРАМНО-КЕРОВАНОГО РАДІО

**Програмно-кероване радіо** (англ. *software-defined radio, SDR*) - це технологія радіозв'язку, що замінює апаратні компоненти програмним забезпеченням (рис. 1, 2), дозволяючи оновлювати та розширювати функціонал без фізичних змін обладнання [1]. Операції з обробки сигналів, як-от вибір каналів і модуляція/демодуляція, виконуються на процесорах загального призначення (англ. *general-purpose processors, GPP*), процесорах цифрової обробки сигналів (англ. *digital signal processor, DSP*), або на програмованих вентильних матрицях (англ. *field-programmable gate array, FPGA*) [1].

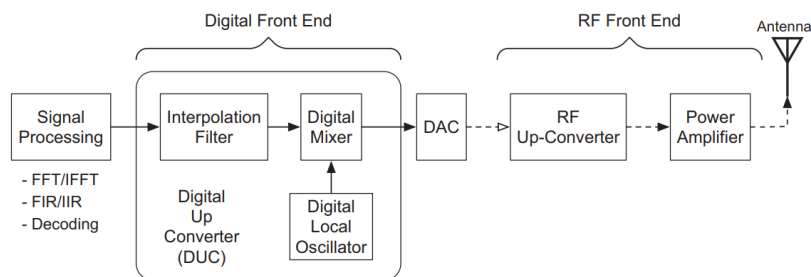


Рис. 1. SDR передавач

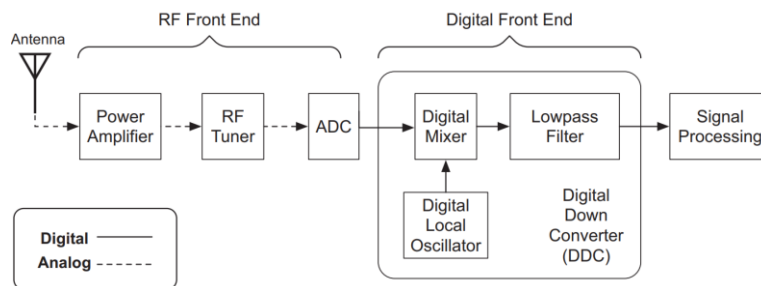


Рис. 2. SDR приймач

**Антенна.** SDR системи зазвичай мають декілька антен, що працюють у різних частотних діапазонах [3]. Для застосувань у SDR системах антени повинні відповідати декільком ключовим вимогам: вони мають бути *самоадаптивними* (здатними налаштуватися на різні частотні діапазони), здатними використовувати технології на кшталт *BeamForming* чи *Transmit BeamForming* та *самовідновлюваними* (здатними обходити електромагнітні перешкоди) [5].

**Радіочастотний вхідний тракт** (англ. *RF front-end*). Це радіочастотна схема, що виконує передачу/прийом сигналів на різних робочих частотах та перетворює їх на IF частоту або з неї. Робота може відбуватися в режимі передачі

(Tx), коли цифрові семпли (англ. *digital samples*) перетворюються на аналогові сигнали через ЦАП (англ. *DAC*), комбінуються з визначеною RF частотою та випромінюються, або в режимі прийому (Rx), коли антена захоплює RF сигнал, який підсилюється малошумним підсилювачем (МШП), а потім змішується із сигналом локального генератора, перетворюючись на IF частоту [1, 6].

**ADC та DAC.** Аналого-цифровий перетворювач (ADC) та Цифро-аналоговий перетворювач (DAC) виконують взаємодоповнюючі ролі в системі. DAC працює на стороні передачі, перетворюючи цифрові семпли в аналогові сигнали для передачі. На стороні приймача ADC перетворює неперервні сигнали у дискретні, закодовані у бінарному форматі. Продуктивність ADC вимірюється кількома параметрами, а саме: *співвідношення сигнал/шум, кількість бітів на семпл, SFDR, розсіювання потужності* [7, 8].

**Цифровий вхідний тракт** (англ. *digital front-end*). Цифровий вхідний тракт виконує дві функції [8]: корегує частоту дискретизації, для того щоб сторони, що комунікують, були синхронізовані. По-друге, він займається розділенням сигналу на канали, що включає підвищення частоти в передавачах та зниження частоти в приймачах, разом з фільтрацією каналів. Ці процеси використовують різні методи, такі як інтерполяція та фільтрація нижніх частот [1].

**Обробка сигналу** (англ. *signal processing*). Блок обробки сигналів, також відомий як блок базової смуги (англ. *baseband processing block*), виконує операції кодування/декодування, модуляцію/демодуляцію, причому найбільше обчислювальних ресурсів потребує декодер, а другим за ресурсоемністю компонентом є система перетворень FFT (англ. *Fast Fourier Transform*)/Inverse FFT [10, 11]. Цей блок є ядром технології SDR та зазвичай реалізується на спеціалізованих апаратних платформах, таких як FPGA, DSP, GPP та GPU [1].

**Підходи до проектування.** Підходи до проектування блоку базової смуги у SDR включають використання універсальних процесорів (GPP), графічних процесорів (GPU), цифрових сигнальних процесорів (DSP), програмованих користувачем вентильних матриць (FPGA), а також комбінованих методів проектування.

**Системи на базі GPP.** Одні з перших SDR-платформ базувалися на універсальних процесорах (англ. *general purpose processor*, GPP), таких як x86/64 та ARM, використовуваних у Sora [13], KUAR [14] та USRP [12]. GPP зручні для програмування та відомі науковцям, а їхня продуктивність зросла завдяки CMOS-технологіям та паралелізму, проте вони потребують багато енергії та місця [1]. Комбінація GPP та GPU посилює обчислювальні можливості, але передача даних між ними знижує швидкість системи [15].

**Системи на базі DSP.** DSP можна розглядати як спеціалізовану підмножину підходів на базі GPP. Їхня архітектура ефективно виконує модуляцію, фільтрацію та кодування/декодування. Наприклад, Atomix [16] на основі DSP-чипа TMS320C6670 (Texas Instruments) є чудовим прикладом SDR, побудованих на DSP [17]. Ці чипи забезпечують високу продуктивність при низькому енергоспоживанні, а моделі TMS320C6657 і TMS320C6655 оснащені апаратними прискорювачами для функцій, що виконуються декодерами [18].

**Системи на базі FPGA.** Програмовані користувачем вентильні матриці (FPGA) є гнучким, перепрограмованим рішенням для SDR. Хоча FPGA споживають більше енергії та займають більше місця, ніж ASIC (англ. *application-specific integrated circuit*), їхня здатність до оперативних оновлень та низька вартість перепрограмування є вагомими перевагами. Водночас розробка під FPGA вимагає глибоких апаратних знань, що може ускладнити їх використання фахівцями з програмного забезпечення та ускладнити перехід від суто програмних підходів до ефективної апаратної реалізації [1].

Отже, програмно-кероване радіо (SDR) є перспективною технологією, що дозволяє значно підвищити гнучкість і функціональність радіосистем завдяки використанню програмного забезпечення замість апаратних компонентів. Основними перевагами SDR є можливість роботи на різних частотах, адаптивність, а також ефективна обробка сигналів через використання сучасних GPP, DSP та FPGA схем. Попри виклики, такі як енерговитрати і складність апаратної реалізації, SDR стає ключовим елементом у розвитку бездротових комунікацій завдяки своїй універсальності, масштабованості та здатності оновлюватися в реальному часі.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Rami Akeela, Behnam Dezfouli. *Software-defined Radios: Architecture, state-of-the-art, and challenges*.
2. A. Haghghat, *A review on essentials and technical challenges of software defined radio, MILCOM 2002. Proceedings, (2002), pp. 377–382, <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2002.1180471>.*
3. U.L. Rohde, T.T.N. Bucher, *Communications Receivers: Principles and Design, 4, McGraw-Hill Education, 1988*.
4. A. Haghghat, *A review on essentials and technical challenges of software defined radio, MILCOM 2002. Proceedings, (2002), pp. 377–382, <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2002.1180471>.*
5. T.J. Roupheal, *RF And Digital Signal Processing for Software-Defined Radio: A Multi-Standard Multi-Mode Approach, Newnes, 2009*.
6. J.J. Carr, *The Technician's Radio Receiver Handbook : Wireless and Telecommunication Technology, Newnes, 2001*.
7. R. Walden, *Analog-to-digital converter survey and analysis, IEEE J. Sel. Areas Commun. 17 (4) (1999) 539–550, <https://doi.org/10.1109/49.761034>.*
8. T. Hentschel, M. Henker, G. Fettweis, *The digital front-end of software radio terminals, IEEE Pers. Commun. 6 (4) (1999) 40–46, <https://doi.org/10.1109/98.788214>.*
9. C. Bowick, J. Blyler, C.J. Ajluni, *RF Circuit Design, Newnes/Elsevier, 2011*.
10. F. Berns, G. Kreislermaier, N. Wehn, *Channel decoder architecture for 3G mobile wireless terminals, in: Proceedings Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition, pp. 192–197. 10.1109/DATE.2004.1269229*.

11. P.-Y. ChiuehTzi-Dar and Tsai, *OFDM Baseband Receiver Design for Wireless Communications*, John Wiley & Sons, 2008.
12. Ettus research - networked software defined radio (SDR). [Online]. Available: <https://www.ettus.com/>
13. K. Tan, H. Liu, J. Zhang, Y. Zhang, J. Fang, G.M. Voelker, Sora: high-performance software radio using general-purpose multi-core processors, *Commun. ACM* 54 (1) (2011) 99, <https://doi.org/10.1145/1866739.1866760>.
14. G.J. Minden, J.B. Evans, L. Searl, D. DePardo, V.R. Petty, R. Rajbanshi, T. Newman, Q. Chen, F. Weidling, J. Guffey, D. Datla, B. Barker, M. Peck, B. Cordill, A.M. Wyglinski, A. Agah, *KUAR: a flexible software-defined radio development platform*, 2007 2nd IEEE International Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, (2007), pp. 428–439, <https://doi.org/10.1109/DYSPAN.2007.62>.
15. K. Li, M. Wu, G. Wang, J.R. Cavallaro, *A high performance GPU-based softwaredefined basestation*, 48th Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, (2014), pp. 2060–2064
16. M. Bansal, A. Schulman, S. Katti, *Atomix: a framework for deploying signal processing applications on wireless infrastructure*, 12th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 15), (2015), pp. 173–188
17. TMS320C6670 Multicore Fixed and Floating-Point System-on-Chip | TI.com. [Online]. Available: <https://www.ti.com/product/tms320c6670>
18. SMJ320C80 Digital Signal Processor | TI.com. [Online]. Available: <http://www.ti.com/product/SMJ320C80>

## **ARCHITECTURE OF SOFTWARE-DEFINED RADIO**

*M. Bikchentayev, PhD Student,*

*B. Boriak, PhD*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.396.2**

*В.В. Руденко, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ОГЛЯД СТАНДАРТУ БЕЗДРОТОВОГО ЗВ'ЯЗКУ LORAWAN**

Наразі стрімко розвивається концепція "Інтернет Речей", раніше відома як M2M, або Machine-to-Machine. Велика кількість дрібних, часто однозадачних, пристроїв об'єднуються в одну мережу і будують цілу систему датчиків, виконавчих пристроїв, пристроїв моніторингу чи керування тощо. Забезпечення стійкої взаємодії і організації ефективної мережі між пристроями IoT є важливою і комплексною задачею.

Існує багато мережевих стандартів для IoT, наприклад ZigBee, Z-Wave, Thread, Matter. Сюди можна віднести і протокол Wi-Fi. Ці стандарти, як правило, використовуються в таких концепціях як розумний будинок, де велика кількість

побутових пристроїв об'єднуються в одну мережу та підключені до Інтернету. В таких мережах пристрої, як правило, знаходяться досить близько, в одному приміщенні чи будівлі, тому питання дальності передачі та стійкості до завад і перешкод майже не враховується.

Однак, також концепція IoT впроваджується і у виробництві, і у сільському господарстві. Такі протоколи, як ZigBee чи Wi-Fi є недоцільними в цих галузях, бо не можуть забезпечити надійну передачу інформації на велику відстань. На відміну, стек LoRa вирішує ці питання. В ньому швидкість передачі поступається дальності і стійкості, що чудово підходить для застосунків, де звичні протоколи IoT є неефективними.

Стандарт LoRa представляє собою стек протоколів. Протоколу фізичного рівня LoRa(PHY), що забезпечує стійку передачу інформації до 15 км на відкритій місцевості, та до 5 км в міській забудові, та мережевого(програмного) рівня LoRaWAN, що ефективно поєднує велику кількість LoRa(PHY) пристроїв в мережу та шлюзом до Інтернету чи застосунків, що знаходяться поза стеком LoRa.

LoRaWAN - це розширення до LoRa(PHY), який дає можливість безпечно поєднати пристрої до серверу та передавати інформацію до кінцевого користувача. Він описує мережеву архітектуру з кінцевими пристроями, шлюзами та серверами. Також, він точніше описує LoRa(PHY) кадр, щоби можна було забезпечити безпечну передачу даних між кінцевим пристроєм і сервером [1].

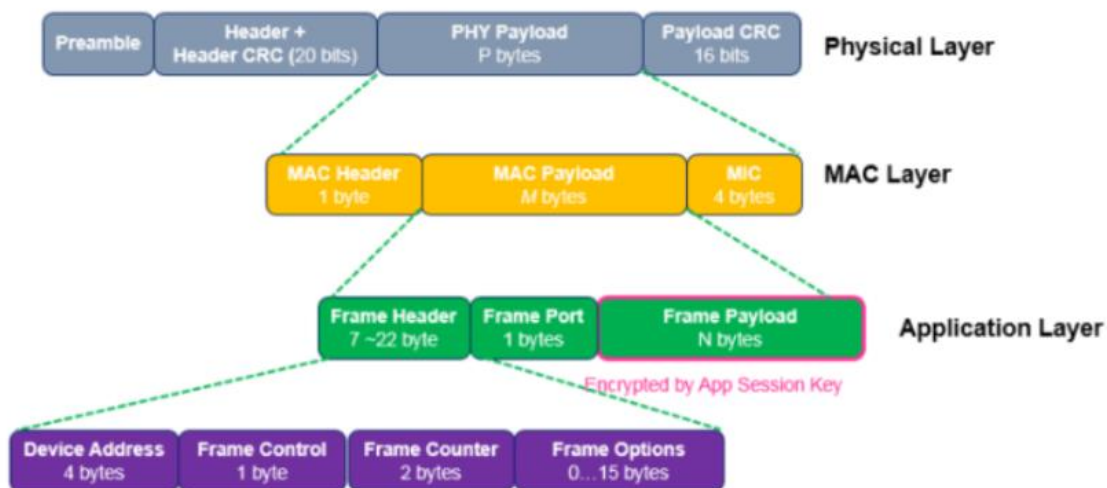


Рис. 1. Загальна архітектура LoRaWAN мережі [2]

Програмне забезпечення LoRaWAN додає до кадру LoRa(PHY) службову інформацію про номер кадру, пристрій, що передав кадр, інформацію контролю тощо. Так LoRaWAN імплементує контроль доступу до медіа (MAC рівень).

Кінцеві пристрої LoRaWAN, шлюзи, мережевий сервер і сервер додатків знаходяться в основі архітектури LoRaWAN, але платформа IoT і підключення

користувача не мають жодного відношення до LoRa. Це просто класичний веб-сервіс.

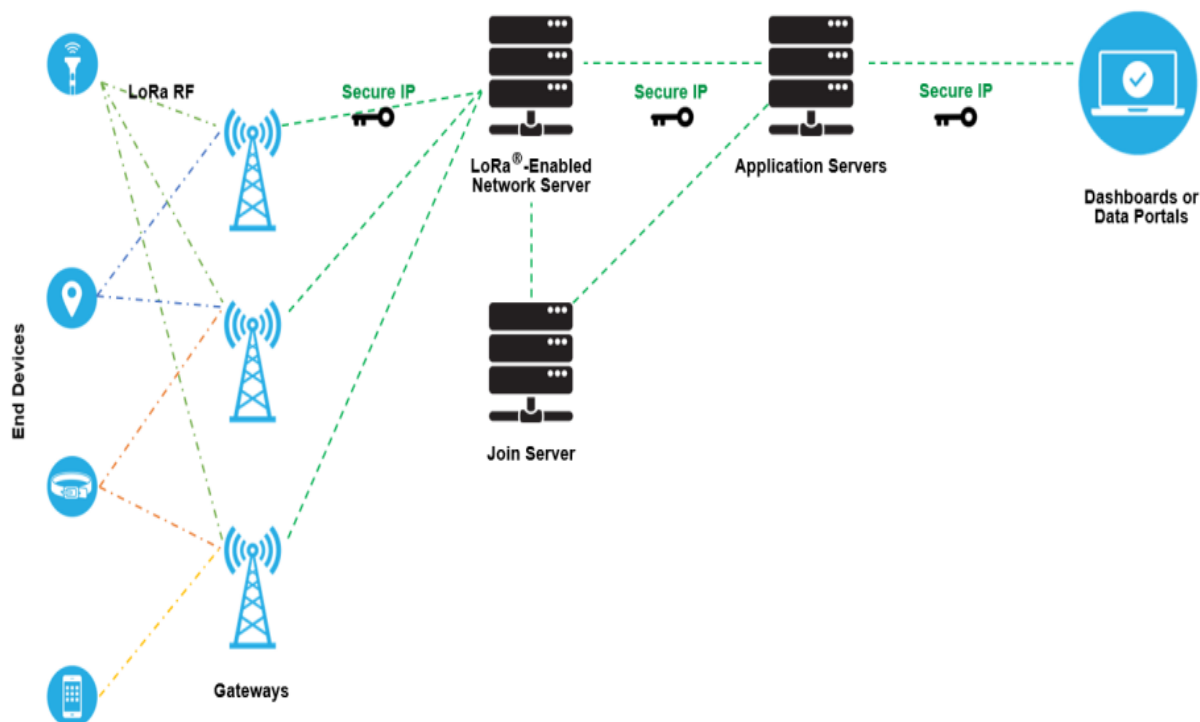


Рис. 2. Загальна архітектура LoRaWAN мережі [3]

Мережі LoRaWAN зазвичай будуються за топологією «зірка», у якій пристрої до одного шлюзу, який передає повідомлення між кінцевими пристроями і центральним мережевим сервером. Мережевий сервер, в свою чергу, маршрутизує пакети від кожного пристрою мережі до відповідного сервера додатків.

Для захисту передачі використовується загальноживаний стандарт шифрування AES. Кожен пристрій LoRaWAN має унікальний 128 AES ключ (AppKey) і глобально унікальний ідентифікатор (EUI-64-based DevEUI). Вони разом використовуються в процесі автентифікації пристрою.[4]

Загалом, LoRaWAN слід розглядати як стек протоколів, які розширюють фізичну передачу методом LoRa до повноцінного мережевого стандарту для IoT. Як і інші стандарти, він забезпечує адресацію, маршрутизацію, шифрування і управління пристроями. Також, LoRaWAN поєднує фізичні пристрої з хмарними Web-застосунками. LoRaWAN є цікавою альтернативою до схожих протоколів, таких як Z-Wave, ZigBee чи Thread. Він чудово займає нішу задач, де питання надійності і дальності передачі є ключовими.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Montagny S. *LoRa - LoRaWAN and Internet of Things for beginners [Електронний ресурс] / Sylvain Montagny. – 2022. – Режим доступу до ресурсу:*

<https://www.univ-smb.fr/lorawan/wp-content/uploads/2022/01/Book-LoRa-LoRaWAN-and-Internet-of-Things.pdf>.

2. *Getting started, considerations and concepts LoRaWAN* [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://pdacontrolen.com/getting-started-considerations-and-concepts-lorawan-1>.

3. *LoRa® and LoRaWAN®, 2024.* – 28 с. – (Semtech Corporation). [Режим доступу до ресурсу]: <https://www.semtech.com/uploads/technology/LoRa/lora-and-lorawan.pdf>.

4. *LoRaWAN SECURITY* [Електронний ресурс] // *LoRa Alliance.* – 2017. – Режим доступу до ресурсу: [https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawan\\_security\\_whitepaper.pdf](https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2020/11/lorawan_security_whitepaper.pdf).

5. *LoRaWAN® Specification, 2020.* – 90 с. – (LoRa Alliance®). [Режим доступу до ресурсу]: <https://resources.lora-alliance.org/technical-specifications/lorawan-specification-v1-1>

6. *LoRaWAN® Regional Parameters, 2020.* – 90 с. – (LoRa Alliance, Inc). [Режим доступу до ресурсу]: <https://lora-alliance.org/wp-content/uploads/2021/05/RP-2-1.0.3.pdf>

## **REVIEW OF THE LORAWAN WIRELESS COMMUNICATION STANDARD**

*V. Rudenko, PhD Student*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 620.92**

*К.К. Брижак, студент групи 301-ВЕ,*

*А.С. Войтенко, студент групи 301-ВЕ,*

*С.В. Польцер, студент групи 301-ВЕ,*

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА ТА ГЕОТЕРМАЛЬНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ**

Геотермальна енергетика міцно посіла своє місце серед відновлюваних галузей енергетики. Зараз цей напрям енергетики застосовується у більш ніж 60 країнах світу. Лідерами з виробництва геотермальної електричної енергії є США, Індонезія, Філіппіни, Туреччина, Нова Зеландія, Мексика, Кенія, Італія, Ісландія та Японія. Однак найбільший приріст геотермальних електричних потужностей спостерігається в Туреччині, Індонезії і Кенії, які сумарно додали три чверті нових геотермальних установок, що були введені в експлуатацію протягом 2019 року.

За даними Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) станом на 2023 рік встановлена потужність геотермальних електростанцій (ГеоТЕС) становила 15 ГВт, а загальна кількість виробленої електроенергії сягнула 101 ТВт·год [1].

Геотермальна енергетика – це вид енергетики джерелом якої є енергія Землі, (природне тепло Землі), акумульована в перших десятих кілометрах Земної кори, за оцінкою МРЕК-ХІ досягає 137 трлн. т у.п., що в 10 разів перевищує геологічні ресурси усіх видів палива разом узятих. Геотермальна енергетика становить відносно невелику частку світової енергетики. Станом на 2023 рік, геотермальна енергетика забезпечує приблизно **0.3-0.4% світового виробництва електроенергії**.

Гідрогеотермальні ресурси, які використовуються на сьогодні практично, складають лише 1% від загального теплового запасу надр. Досвід показав, що перспективними в цьому відношенні варто вважати райони, в яких зростання температури з глибиною відбувається досить інтенсивно, колекторські властивості гірських порід дозволяють одержувати з тріщин значні кількості нагрітої води чи пари, а склад мінеральної частини термальних вод не створює додаткових труднощів по боротьбі із солевідкладанням і кородуванням устаткування [2].

Аналіз економічної доцільності широкого використання термальних вод показує, що їх варто застосовувати для опалення і гарячого водопостачання комунально-побутових, сільськогосподарських і промислових підприємств, для технологічних цілей, добування цінних хімічних компонентів і ін. Гідрогеотермальні ресурси, придатні для одержання електроенергії, складають 4% від загальних прогнозних запасів, тому їхнє використання в майбутньому варто пов'язувати з теплопостачанням і теплофікацією місцевих об'єктів.

Геотермальна енергія в Україні має значні потенційні ресурси. Районами її можливого використання є Крим, Закарпаття, Прикарпаття, Донецька, Запорізька, Полтавська, Харківська, Херсонська та Чернігівська області. На графіку зображено залежність потенційної теплової потужності нафтогазових свердловин Дніпровсько-Донецької Западни від глибини [3].

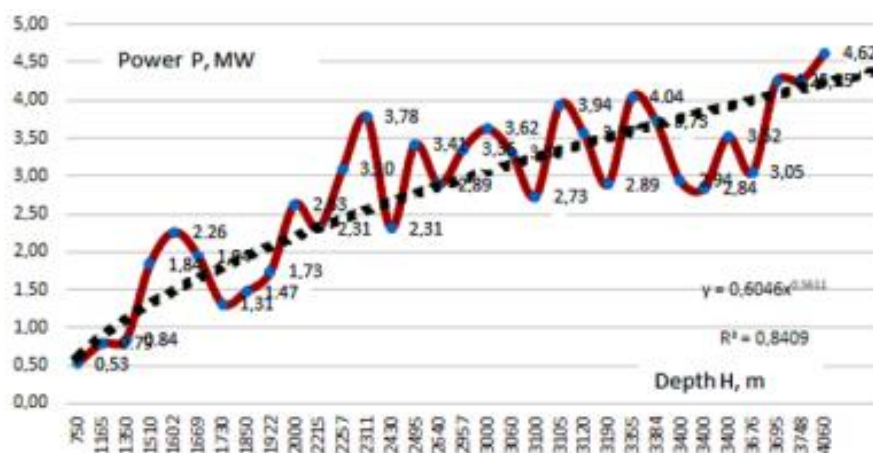


Рис. 1. Залежність потенційної теплової потужності нафтогазових свердловин Дніпровсько-Донецької Западни від глибини

Однім з напрямків використання геотермального тепла в Україні є теплиці. Зокрема Львівська обласна військова адміністрація та Львівська обласна рада

підписали Меморандум про співпрацю, щодо будівництва на Яворівщині тепличного комплексу з використанням геотермальної енергії. Реалізація такого проекту дозволить покращити забезпечення регіону продуктами овочівництва (томатів, огірків, болгарського перцю та салату), доступними за ціною завдяки низькій вартості енергетичних ресурсів [4].

Геотермальні енергетичні системи найефективніше поділяють за призначенням це можуть бути як системи опалення будівель, терморегуляції в приміщеннях, та електростанції.

Тобто, якщо брати до уваги все вище перераховане то можна зробити висновок, що геотермальні енергетичні системи — це технології, що використовують тепло, яке накопичується під поверхнею Землі, для виробництва електроенергії, опалення або інших енергетичних потреб.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Видобування і використання геотермальних ресурсів України: монографія / Ю.П. Морозов, А. А. Барило, С. В. Дубовський, Д. М. Чалаєв. — Київ: IBE, 2024. — 132 с.

2. *Geothermal Heat Pumps (Геотермальні теплові насоси)* URL: <https://www.energy.gov/energysaver/geothermal-heat-pumps>

3. *Геотермальна енергетика* Вікіпедія URL: <http://surl.li/nkqjqc>.

4. *Geothermal Energy (Геотермальна енергетика)* URL: <https://www.energy.gov/topics/geothermal-energy>

### GEOTHERMAL ENERGY AND GEOTHERMAL ENERGY SYSTEMS

*K. Bryzhak, Student of group 301-VE,*

*A. Voitenko, Student of group 301-VE,*

*S. Poltser, Student of group 301-VE,*

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 378.147**

*А.М. Канітон, д.пед.н., професор,*

*О.С. Дзюбан, аспірант,*

*Р.М. Талибов, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ЗА ДОПОМОГОЮ ТЕХНОЛОГІЙ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ

Контейнерізація включає в себе упаковку, спільний доступ і розгортання програм шляхом об'єднання всіх необхідних залежностей (пакетів, бібліотек, коду програми, файлової системи, мережевого стеку тощо) в єдиний блок. Це контейнерне середовище гарантує, що під час розгортання контейнера його

ресурси ізольовані та недоступні для інших контейнерів. Це досягається за допомогою двох фундаментальних технологій Linux: просторів імен і контрольних груп (cgroups). Простори імен створюють ізольовані простори користувачів для додатків, пропонуючи виділені системні ресурси, тоді як контрольні групи керують розподілом апаратних ресурсів, пріоритезацією та моніторингом. На відміну від віртуальних машин, контейнери віртуалізуються на рівні операційної системи, використовуючи ядро та апаратне забезпечення ОС, що зменшує споживання ресурсів (RAM, ЦП, дисковий простір) і забезпечує більш ефективно, хоча й менш ізольоване середовище. [1].

Коли програму контейнеризовано, образ контейнера створюється з конфігураційного файлу, який детально описує необхідні параметри конфігурації (змінні середовища, порти, користувачі, встановлення пакетів, файлові операції тощо). Зображення контейнерів зберігаються централізовано в реєстрах, які організовані за ієрархією та відстежують версії зображень. Управління зростаючою кількістю образів контейнерів стає складним із розширенням архітектур мікросервісів і розгортанням нових функцій.

Цю складність вирішують за допомогою платформ оркестровки контейнерів, або оркестраторів, які полегшують масштабоване керування. Оркестратори надають основні послуги, такі як розгортання контейнерних додатків у кластерах, керування мережевим зв'язком, підтримка бажаних станів додатків, налагодження, моніторинг ресурсів і сховищ, керування потоком даних, перевірка продуктивності, реплікація вузла програми, горизонтальне автомасштабування модулів, служби іменування та виявлення, розподіл ресурсів, балансування навантаження, доступ і обробка журналів, а також забезпечення автентифікації та авторизації.

Переваги контейнеризації включають швидке створення та розгортання додатків, безперервну розробку, інтеграцію та розгортання (CI/CD), чіткий розподіл ролей розробника та адміністратора, узгоджене середовище для розробки, тестування та виробництва, переносимість між різними хмарними провайдерами та операційними системами, орієнтоване на додатки керування та підтримка слабозв'язаних, розподілених, еластичних, незалежних мікросервісів із ізоляцією ресурсів та ефективним використанням.

Однак контейнеризація також представляє проблеми: підвищена складність із зростанням кількості контейнерів, можливість розвантаження ресурсів через завеликі контейнери, менш зручна робота в середовищах Windows і відносна новизна контейнерних технологій, що може призвести до невирішених проблем. Ізоляція контейнерів може ускладнити виконання атак з середини контейнера на системні ресурси. Системи оркестровки підвищують безпеку додатків, відстежуючи продуктивність, конфігурацію та цілісність, дозволяючи відновлювати стабільні версії програмного забезпечення під час тестування або в ненормальних умовах. Вони також забезпечують ідентифікацію та автентифікацію користувачів, моніторинг ресурсів, нагляд за системою зберігання та керування потоками даних, а також масштабованість, розподіл ресурсів і балансування навантаження для забезпечення доступності інформації.

Технологію контейнеризації можна використовувати як компонент забезпечення інформаційної безпеки. Вона надає інструменти для реалізації заходів забезпечення інформаційної безпеки, що за умови правильного менеджменту та використання механізмів може підвищити загальний рівень безпеки інформаційної системи.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Панасюк Б. Д., Розумний О. В. *Хмарні обчислення та технології контейнеризації: монографія.* – Львів: Видавництво ЛНУ, 2020. – 245 с.
2. Тарасенко Н. М., Андрієнко М. О. *Системи управління контейнеризацією: навч. посіб.* – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 220 с.
3. Олійник М. С., Гончаренко В. В. *Технології контейнеризації у забезпеченні інформаційної безпеки: аналітичний огляд.* – Київ: НАН України, 2021. – 195 с.

### INCREASING INFORMATION SECURITY USING CONTAINER TECHNOLOGY

*A. Kapiton, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,*

*O. Dziuban, PhD Student,*

*R. Talybov, PhD Student*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 629.783**

*О.С. Фомін, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ШИРОКОСМУГОВИЙ СИНТЕЗАТОР ЧАСТОТИ

Розробка електронних пристроїв та модулів, які працюють в діапазоні частот від десятків мегагерц до десятків гігагерц потребує відповідного джерела сигналу. Широкопasmові синтезатори виконують функції генераторів тестового і опорного радіосигналів, дозволяючи тим самим аналізувати роботу детекторів, модуляторів, змішувачів тощо. В сукупності з фільтрами і аналого-цифровими перетворювачами вони самі стають вузлами функціонально завершених приладів. Тому розробка широкопasmового модуля синтезатора частот, особливо зараз, в період зростання виробництва безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та засобів постановки перешкод, є надзвичайно актуальною задачею.

Розроблено модуль синтезатора частоти, здатний генерувати сигнал в діапазоні 23,5 МГц – 6ГГц. Широкий діапазон досягається за рахунок використання ультраширокопasmового синтезатора частоти MAX2871. Потрібна частота встановлюється мікроконтролером (STM32) та відображається на екрані. При цьому можлива робота в режимі генератора коливачої частоти. Для підвищення стабільності генерації використаний термостатований кварцовий генератор на 10МГц, якій виконує функцію опорного сигналу для синтезатора.

Згенерований сигнал послідовно проходить через програмно-керований атенюатор, еквалайзер та ширококутовий підсилювач, що дозволяє контролювати амплітуду сигналу та компенсувати її зменшення на високих частотах. На виході додатково встановлено ще один атенюатор та підсилювач, що потрібно для тестування пристроїв, які вимагають зміни амплітуди напруги в більш широких межах. Замість мікросхеми MAX2871 може бути використана MAX2870, яка має близькі характеристики, але дещо менші функціональні можливості. Передбачена можливість підключення зовнішнього генератора опорного сигналу.

Розроблений модуль дозволяє генерувати сигнал синхронізований по фазі з внутрішнім або зовнішнім джерелом. Дискретність встановлення частоти досягається на рівні 12,5 кГц, що є достатнім для більшості практичних застосунків. Синтезатор добре себе зарекомендував під час розробки та тестування детектора БПЛА і ширококутового «реактивного» джаммера, де використовувався в якості джерела опорних сигналів.

## **WIDEBAND FREQUENCY SYNTHESIZER**

*O. Fomin, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.32**

*Д.В. Кислиця, аспірант,*

*Г.М. Кожушко, д.т.н., професор,*

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКОМФОРТНОЇ БЛИСКОСТІ СИСТЕМ ОСВІТЛЕННЯ ЗІ СВІТЛОДІОДНИМИ СВІТИЛЬНИКАМИ**

Блискість світлодіодних джерел світла істотно впливає на якість освітлення. Яскраві області в полі зору, особливо коли їх яскравість значно вища за середню яскравість навколишнього середовища можуть створювати сліпучий або дискомфортний блиск, що призводить до тимчасового погіршення зору, зорової втоми, неуважності та роздратування.

Останнім часом індустрія світлодіодного освітлення приділяє велику увагу підвищенню якості світла, його безпеки, комфортності світлового середовища, створюваного світлодіодними джерелами світла, і навіть зниження шкідливого впливу світла для здоров'я людей.

Проблеми безпеки синього світла, його впливу на циркадні ритми, а також вплив блискості та мерехтіння світла на здоров'я людей потребують всебічного дослідження світлодіодних систем освітлення, розробки нових методів контролю параметрів та подальшого вдосконалення світлодіодної продукції.

Міжнародними стандартами [1-2] визначено принципи зорової ергономіки під час освітлення робочих місць. Головними цілями ергономіки зорового

сприйняття є: покращення сприйняття зорової інформації, максимальна безпека роботи та забезпечення достатнього рівня зорового комфорту. До характеристик освітлення, що впливають на працездатність людини, належать рівні освітленості, просторовий розподіл яскравості, спектральний склад випромінювання, мерехтіння та блискість джерел світла.

Гарне освітлення вимагає однакової уваги до кількості та якості освітлення. Сучасні системи освітлення повинні одночасно забезпечувати гарне зорове сприйняття (природну кольоровість, високу якість кольору, відсутність зорового дискомфорту), сприятливий невізуальний вплив, при цьому запобігати негативним явищам, таким як мерехтіння яскравості і стробоскопічний ефект, фотобіологічна небезпека синього світла, порушення біоритмів.

Дослідженню кількісних та якісних параметрів світлодіодних джерел світла та систем освітлення з їх використанням присвячено багато публікацій [3-7]. У цій роботі розглядаються питання якісних показників світлодіодних систем освітлення, до яких відносяться рівні освітленості, що створюються ними, їх рівномірність, сліпуча і дискомфортна блискість.

У роботі аналізуються результати останніх досліджень та рекомендації Міжнародної Комісії з освітлення (CIE) щодо оцінки дискомфортової блискості. Зазначається, що використання узагальненого показника дискомфорту (UGR) є неефективним для оцінки світлодіодних світильників з нерівномірним розподілом яскравості та потребує уточнення. Показано, що значення узагальненого показника дискомфорту UGR для світильників з нерівномірним розподілом яскравості на поверхні випромінювання може відрізнятись до 10 одиниць порівняно зі світильниками з рівномірною яскравістю поверхні.

На підставі результатів дослідження розроблено рекомендації щодо вдосконалення методики розрахунку скоригованого показника дискомфорту UGR'. Показано, що вимір середньої та ефективної яскравості світильників, а також коефіцієнта випромінюючої площі можна проводити в лабораторних умовах з використанням стаціонарних приладів, а в польових умовах необхідно вимірювати лише яскравість фону навколишнього середовища та індекси положення Гатта.

На основі отриманих результатів зроблено висновки та рекомендації щодо вдосконалення оцінки дискомфортової блискості світлодіодних освітлювальних установок з нерівномірним розподілом яскравості та пропозиції щодо інформування споживачів про максимальну яскравість та коригуючий коефіцієнт, що враховує ефективну яскравість та ефективну площу випромінювання світильників.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. ISO 8995-1:2002(en) *Lighting of work places — Part 1: Indoor.*
2. ISO 8995-3:2018(en) *Lighting of work places — Part 3: Lighting requirements for safety and security of outdoor work places.*

3. C. Funke, C. Schierz, "What is the Effective Luminance or Effective Area of Non-Uniform LED Luminaires in Discomfort Glare Rating with UGR", pp. 563-570, 2016.

4. P. Thorns, "Discomfort Caused by Glare from Luminaires with a Non-Uniform Source Luminance", p.30, 2019.

5. S.A. Baghirov, O.S. Pitiakov, S.V. Shpak, S.H. Kyslytsia, T.V. Sakhno, H.M. Kozhushko, "Research of Problems Flicker Level of Led Lamps and Luminaires for General Lighting", *Przeglad Electro Techniczny*, No. 12, pp. 119-123, December 2023.

6. S.V. Shpak, S.A. Baghirov, O.S. Pitiakov, S.H. Kyslytsia, T.V. Sakhno, G.M. Kozhushko, "Application of Eco-design Policy and Energy Labeling to Improve Energy Efficiency and Quality of LED Light Sources", *Ukrainian Metrological Journal*, No. 2, pp. 39-50, June 2024.

7. S.A. Baghirov, S.S. Baghirova, S.H. Kyslytsia, H.M. Kozhushko, S.Z. Mammadzada, "Circad Efficiency of Light-Emitting Diode Radiation for General Lighting", *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering (IJTPE)*, Issue 50, Vol. 14, No. 1, pp. 172-176, March 2022.

## **RESEARCH ON DISCOMFORTABLE BRIGHTNESS OF LIGHTING SYSTEMS WITH LED LUMINAIRES**

*D. Kyslytsia, PhD Student,*

*H. Kozhushko, Doctor of Technical Sciences, Professor,*

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.396.96**

*О.С. Фомін, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ШИРОКОСМУГОВИЙ АДАПТИВНИЙ ДЖАММЕР ДЛЯ КОМЕРЦІЙНИХ ДРОНІВ**

Протягом останніх років ринок безпілотних літальних апаратів (БПЛА) суттєво зріс і по оцінкам експертів досягає більше ніж 32 млрд. доларів у грошовому еквіваленті [1]. Облaсті їх використання також суттєво розширилися, а разом з цим і діапазони частот сигналів управління та передачі даних. Крім традиційно корисного застосування дронів, наприклад, у геодезії, картографії або для доставки посилок їх почали використовувати також для ведення спостереження за приватними оселями, військовими об'єктами, підприємствами критичної інфраструктури тощо. Тобто межі «небажаного» використання БПЛА також суттєво розширилися. Очікувано, це привело до розвитку засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ). Здебільшого вони будуються шляхом комбінації модулів постановки завод (джаммерів) на певні фіксовані радіочастотні діапазони, що ускладнює адаптацію під нестандартні радіочастоти

дронів, які з'являються все частіше. Тому розробка широкосмугових адаптивних (реактивних) джаммерів [2] є актуальною задачею.

Розроблено модуль адаптивного джаммеру здатного працювати у широкій смузі частот (54МГц-6.8ГГц). Реалізована можливість роботи як в режимі обраних фіксованих частотних діапазонів, так і під керуванням сигналів зовнішнього детектора радіовипромінювання. Генератор сигналу завад побудовано на основі широкосмугового синтезатора ADF4355, частота якого встановлюється мікроконтролером. Передбачено інтерфейс для підключення зовнішнього детектор БПЛА, що значно підвищує ефективність використання модуля. Діапазон випромінювання та його потужність встановлюються на основі отриманих частотних сигнатур БПЛА, чим зменшується вплив перешкоди на зовнішні системи зв'язку.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Market Growth Dynamic Report / Paulet Alita // 2023, <https://www.researchgate.net/publication/372439486>.*

2. *Reactive Jamming for Commercial Drones / Gyeong-Mo Nam, Gun Ho Lee, Heang-Bok Kil, Eui-Rim Jeong // International Journal of Engineering & Technology, 2018, 7 (3.24), P.100-103.*

### WIDEBAND ADAPTIVE JAMMER FOR COMMERCIAL DRONES

*O. Fomin, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.311.243**

*О.А. Иванов, магистрант,*

*Н.В. Єрмілова, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### КОНТРОЛЬ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В СОНЯЧНІЙ ПАНЕЛІ

Струм короткого замикання ( $I_{sc}$ ) — це максимальний струм, який може створити сонячна панель за умови відсутності опору, коли обидва її виходи з'єднані накоротко. Вимірювання  $I_{sc}$  є критичним для оцінки продуктивності панелі, а також для гарантування її безпеки й ефективності роботи.

Можна визначити фактори, що впливають на струм короткого замикання.

Площа сонячного елемента впливає на кількість поглинутої енергії: чим більша площа, тим більше світла, а отже, й струм буде більшим. Інтенсивність світла також є ключовим фактором, оскільки чим яскравіше світло, тим більше енергії отримує панель. На продуктивність впливає й спектр світла: деякі спектри, такі як видимий і інфрачервоний, також сприяють підвищенню струму. Важливими є певні властивості панелі, зокрема здатність відбивати та поглинати

світло, що може оптимізувати використання енергії [1]. Стан поверхні панелі, зокрема чистота від бруду чи пилу, забезпечує максимальне проникнення світла, що також підвищує показник струму  $I_{sc}$ .

Контроль показника  $I_{sc}$  дозволяє виявити потенційні проблеми у функціонуванні сонячної панелі. Це може бути корисним як для оцінки її продуктивності, так і для запобігання можливим небезпечним ситуаціям, пов'язаним з перегрівом або короткими замиканнями. Зокрема, зниження  $I_{sc}$  може сигналізувати про забруднення панелі або інші технічні проблеми, а також бути ознакою погіршення її характеристик з часом.

Для точного вимірювання струму короткого замикання потрібен прилад, який здатний вимірювати постійний струм, наприклад, мультиметр або струмовимірювальні кліщі. Крім того, важливо, щоб панель перебувала у справному стані, а роз'єми були надійно підключені. Вимірювання проводяться в сонячний день, щоб уникнути тіні, а панель повинна бути чистою, що забезпечить максимальне проникнення світла. Також може знадобитися шматок картону для тестування реакції панелі на зміни площі освітленості.

Перед вимірюванням треба розташувати панель під прямими сонячними променями. Потім налаштувати мультиметр на відповідний діапазон для вимірювання постійного струму. Коротке замикання створюється шляхом підключення мультиметра до виходів панелі, після чого записується показник струму, який відповідає певному значенню  $I_{sc}$ . У разі значних відхилень від нормальних показників панель може потребувати додаткової діагностики або технічного обслуговування. Наприклад, для обраних в роботі сонячних панелей марки **MP-MF8612M(HV)-455W Mono Perc 9BB HALF-CUT** струм короткого замикання дорівнює 11,45 А. Цей показник визначений конструкцією та типом панелі і не повинен перевищуватися.

Для захисту від виникнення струму короткого замикання сонячних панелей потрібно використовувати захисну апаратуру.

#### 1. Встановлення автоматичного вимикача або запобіжника

Автоматичний вимикач вибирається відповідно до струму короткого замикання панелі. Він має бути достатньо чутливим, щоб спрацювати при перевищенні цього струму. Наприклад, для панелі зі струмом короткого замикання близько 12 А підійде вимикач на 12–13 А [2]. Вимикач захистить систему, розриваючи електричне коло під час короткого замикання. Запобіжник використовується як альтернатива вимикачу, його вибір здійснюють за номіналом, наближеним до значення  $I_{sc}$ .

#### 2. Використання діодів захисту від зворотного струму

Байпасні діоди встановлюються у великих системах, або коли є послідовне з'єднання сонячних панелей. Вони запобігають протіканню зворотного струму, який може пошкодити панелі. Якщо одна з панелей виходить з ладу чи затінюється, байпасні діоди перенаправляють струм в обхід цієї панелі. Блокуючі діоди встановлюються для уникнення потоку зворотного струму вночі або в умовах слабкого освітлення. Це запобігає втратам енергії та потенційним пошкодженням.

### 3. Контролери заряду з вбудованим захистом

Якщо панель підключена до акумулятора через контролер заряду, треба обирати модель із вбудованим захистом від короткого замикання та перевантажень. Тоді контролери автоматично розривають ланцюг при виявленні аномалій у струмі, забезпечуючи захист системи.

### 4. Заземлення та моніторинг

Заземлення панелей і всіх металевих елементів конструкції допомагає запобігти накопиченню статичної електрики та забезпечує додатковий захист у випадку короткого замикання. Це важливо для великих установок і систем з високою потужністю. Крім того, необхідно регулярно перевіряти панелі, проводи та з'єднання на предмет пошкоджень, зносу або забруднень.

Комбінація автоматичних вимикачів, діодів і контролерів заряду створює ефективну систему захисту від короткого замикання, підвищуючи надійність роботи сонячної станції і захищаючи панелі від пошкоджень.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. *Типи сонячних панелей [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <https://www.scribd.com/document/476019352/2nd-half>*
2. *Автоматичні вимикачі [Електронний ресурс] – режим доступу до ресурсу: <http://surl.li/edfoti>*

## CONTROL OF SHORT CIRCUIT CURRENTS IN THE SOLAR PANEL

*A. Ivanov, Master's Student,*

*N. Yermilova, PhD (Engineering), Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 004.77**

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент,*

*С.С. Удовик, студент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## З'ЯСУВАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ Й ОБЛАСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ВІДДАЛЕНОГО УПРАВЛІННЯ ВИРОБНИЧИМИ ОБ'ЄКТАМИ

Інноваційні рішення у сучасних системах автоматизації демонструють істотні успіхи у сфері управління виробничими процесами - від складальних ліній, що функціонують з винятковою точністю до інтелектуальних фабрик, керованих штучним інтелектом. Тому сфера промислової автоматизації є показником стрімкості темпу технологічної еволюції. Вплив застосованих інтегрованих фреймворків значно підвищує ефективність виробництва, знижує витрати, мінімізує людські помилки та підвищує загальну продуктивність. А її еволюційний зріст супроводжується новими ключовими тенденціями:

прискореним впровадженням індустриального Інтернету речей (IIoT), доповненою / віртуальною реальністю, інтеграцією штучного інтелекту, більш широким використанням промислової робототехніки, появою автоматизованих складів, різким зростанням попиту на більш досконалі та універсальні системи управління, такі як програмовані логічні контролери (ПЛК) та системи диспетчерського управління та збору даних (SCADA), автоматизацією ланцюжка постачання та керування транспортними засобами.

Сьогодні для побудови локальних мереж Wireless Local Area Network (WLAN) та організації бездротових комунікацій у більшості випадків застосовується технологія Wi-Fi. У даному повідомленні детально розглядаються побудова мереж Wi-Fi, їх принципи роботи, обмеження та питання безпеки.

Основною особливістю WLAN є можливість створити стабільне підключення в місцях, де прокладка кабелів утруднена. Крім того, рішення забезпечує:

- мобільність користувачів. Підключені пристрої легко переміщати в межах покриття бездротової мережі без втрати швидкості та якості передачі даних;
- простоту створення. Побудова Wi-Fi мереж виконується легше та швидше, ніж прокладання провідних рішень;
- можливості підключення сотень користувачів до однієї точки доступу, на відміну від дротових мереж, у яких для підключення кожного пристрою потрібен окремий кабель;
- швидке та легке масштабування або модернізація за допомогою додавання або заміни потрібної кількості мережевих пристроїв;
- енергоефективність, гнучкість та економічність рішення;
- покриття від кількох метрів до кількох кілометрів, залежно від вибраного обладнання та технологій.

Недоліки та обмеження побудови Wi-Fi мережі:

- обмежена дальність передачі сигналу. Ця складність враховується на етапі проектування та вирішується підбором оптимального обладнання та технологій для конкретних завдань замовника;
- можливі перешкоди чи нестабільність з'єднання. Побудова Wi-Fi мережі в будівлі передбачає попередній аналіз таких складнощів та створення оптимальної схеми розміщення обладнання, яка унеможливує подібні проблеми;
- загрози кібербезпеці, такі як підключення неавторизованих користувачів, кібератаки, підбір ключів, використання фальшивих точок доступу. Для мінімуму таких ризиків підбираються ефективні рішення для захисту бездротових мереж та користувачів.

Залежно від дальності дії, бездротові мережі діляться на 4 типи:

- WPAN або Wireless Personal Area Networks – персональні мережі;
- WLAN або Wireless Local Area Networks — локальні мережі;
- WMAN або Wireless Metropolitan Area Networks – мережі, побудовані в межах міста;

- WWAN або Wireless Wide Area Network – глобальні мережі.

Для побудови бездротових мереж можуть використовуватись такі технології:

- ZigBee (стандарт IEEE 802.15.4). Застосовується при створенні персональних мереж, у тому числі систем «розумний будинок», забезпечує радіус покриття 1-100 м;
- Bluetooth (стандарт IEEE 802.15.1). Невеликий радіус покриття дозволяє створювати персональні мережі, найчастіше, для підключення до ПК бездротових пристроїв;
- Wi-Fi (стандарт IEEE 802.11). Ця технологія сьогодні найчастіше застосовується для створення WLAN;
- WiMAX (стандарт IEEE 802.16). Дозволяє забезпечувати з'єднання на відстані до кількох кілометрів і застосовується для побудови WMAN.

Таблиця 1. Порівняння стандартів Wi-Fi

Стандарт	802.11ac	802.11ax	802.11ax	802.11be
Діапазон	5 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц	2,4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц
Ширина каналу	20 МГц, 40МГц, 80 МГц, опціонально 160 МГц	до 160 МГц	до 160 МГц	до 320 МГц
Максимальна швидкість передачі даних	3,5 Гбіт/с	9,6 Гбіт/с	9,6 Гбіт/с	46 Гбіт/с

Об'єднання Wi-Fi Alliance розробило стандарт безпеки Wi-Fi Protected Access або WPA, який відповідає за надійну автентифікацію користувачів та шифрування трафіку. Завдяки Temporal Key Integrity Protocol ключ у системі динамічно змінюється. Технологія також забезпечує перевірку цілісності повідомлень, що дозволяє виявляти активність кіберзлочинців.

Сьогодні для безпеки бездротових мереж використовуються оновлені протоколи:

- WPA2, який використовує протокол CCMP. В його основі алгоритм розширеного стандарту шифрування (AES), який відповідає за перевірку справжності та цілісності повідомлення. Цей протокол використовується в домашніх мережах та передбачає наявність загального ключа (WPA2-PSK), а також застосовується у корпоративному режимі (WPA2-EAP);
- WPA3, який забезпечує індивідуальне шифрування даних, використовує одночасну автентифікацію рівних або протокол SAE, який передбачає обмін даними між точкою доступу та пристроєм, що підключається. Цей протокол також має підвищений захист від підбору пароля.

Крім того, для підвищення безпеки в бездротових мережах застосовуються механізми контролю доступу, такі як:

- MAC-фільтрація, яка передбачає обмеження доступу до мережі на основі унікальних MAC-адрес мережевих контролерів. Такий метод досить легко обійти, тому він найчастіше використовується як додатковий;

- VPN (Віртуальна приватна мережа), в якій доступ до корпоративної мережі бездротової здійснюється виключно захищеним каналом.

Важливим етапом підтримки високого рівня безпеки корпоративних бездротових мереж є регулярне оновлення програмного забезпечення. Нові версії містять виправлення виявлених уразливостей та дозволяють не тільки отримати новий функціонал, а й підвищити безпеку.

Використання програмного забезпечення для моніторингу мережного трафіку також дає можливість оперативно виявляти аномалії, підозрілу активність та інші проблеми, а також забезпечувати швидке реагування на інциденти.

Грамотно спроектоване та впроваджене рішення має відповідати потребам компанії щодо пропускну здатності, стабільності підключення та забезпечення покриття всіх необхідних локацій. Побудова Wi-Fi мережі підприємства починається з детального аналізу проекту, в ході якого уточнюються завдання виробництва, запланований бюджет на впровадження та подальше обслуговування, підбирається оптимальне обладнання та технології.

При цьому необхідно враховувати:

- розташування мережевих пристроїв, у тому числі точок доступу. Для досягнення оптимального поширення сигналів та зведення до мінімуму можливих перешкод найчастіше вибирають верхні точки приміщень: стійки, простір під стелею, колони;

- наявність товстих стін, можливі перешкоди від мікрохвильових печей чи Bluetooth-обладнання – все це може вплинути на якість сигналу;

- вибір надійних інструментів кіберзахисту, які відповідають потребам та особливостям роботи підприємства.

Актуальність і значимість таких досліджень і зумовили мету даної роботи.

## **EXPLANATION OF POSSIBILITIES AND AREAS OF APPLICATION OF TECHNICAL SOLUTIONS FOR REMOTE CONTROL OF PRODUCTION FACILITIES**

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*O. Dryuchko, PhD, Associate Professor,*

*S. Udovik, Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 004.42

*Л.І. Леві, д.т.н., професор,*

*Б.В. Качуровський, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО КЕРУВАННЯ СУПУТНЬО-ПЛАСТОВИМИ ВОДАМИ

В нафтогазовій галузі України є невирішені проблемні питання з охорони надр та довкілля: зокрема, невирішеною є проблема керування супутньо-пластовими водами (СПВ). Спалювання СПВ із використанням термопечей чи газових факельних установок є неефективним з технологічних та екологічних причин, і є дуже енергозатратним. Тому повернення СПВ у надра необхідно розглядати як екологічний захід, який має на меті збереження навколишнього природного середовища. Такий спосіб є найефективнішим і відповідає вимогам екологічної безпеки та законодавству України щодо охорони надр та довкілля. Тому модернізація системи збору, підготовки, перекачування та повернення СПВ в надра з використанням сучасної автоматики є досить актуальним. Другим важливим аспектом в нафтогазовій промисловості є максимальна енергоефективність, що полягає в оптимізації енергозатратних ланок видобутку нафти та газу. Зокрема, технологічний процес керування СПВ є одним з найбільш енергозатратним.

Тому метою сучасних досліджень є модернізація системи збору, підготовки та перекачування супутньо-пластових вод на об'єктах нафтогазової промисловості. Одночасно повинні вирішитись питання охорони надр та енергоефективність.

З урахуванням світової практики та екологічними вимогами до об'єктів нафтогазового промислу пропонуємо наступні технологічні рішення (таблиця 1).

Таблиця 1. Технологічні рішення модернізації

№	Проектне рішення	Реалізація проектного рішення
1	Модернізувати існуючих парк ємностей	Встановлення нафтоуловлювача
2		Встановлення ємності зберігання СПВ
3	Можливість транспортувати СПВ до інших об'єктів	Розробка насосної для подачі СПВ до автоналивного стояка для відвантаження
4	Можливість повернення СПВ в пласт	Розробка насосної для повернення СПВ в пласт
5	Можливість використання СПВ для глушіння свердловин	Розробка насосної та парку зберігання рідини для глушіння свердловин
6	Можливість очищення СПВ	Встановлення очисних фільтрів

Технологічні рішення представимо більш детально на функціональній схемі, що зображено на рис. 1.

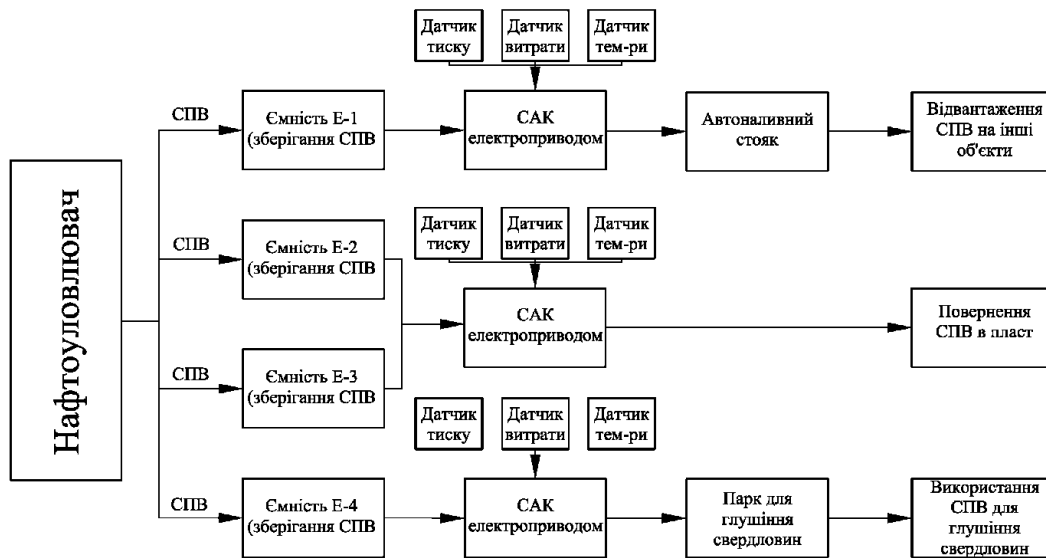


Рис. 1. Функціональна схема модернізації системи збору, підготовки та перекачування СПВ

Кожна ланка системи керування СПВ оснащена сучасними засобами автоматизації: датчиками тиску та температури, витратомірами. Також кожен електропривод керується перетворювачем частоти.

Область застосування проектної системи охоплює всі нафтогазові промисли, так як була проаналізована узагальнена система видобутку нафти та газу, а також типова схема керування СПВ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Історія та перспективи нафтогазовидобування : навчальний посібник / Білецький В.С., Гайко Г.І., Орловський В.М. – Львів: Видавництво «Новий Світ - 2000», 2020. – 302 с.*
2. *Супутньо-пластові води у нафтогазовій галузі: проблема чи рішення? Доступ до ресурсу: <https://ukraine-oss.com/suputno-plastovi-vody-u-naftogazovij-galuzi-problema-chy-rishennya/>*
3. *Орловський В.М., Білецький В.С., Сіренко В.І. Технологія видобування газу і газового конденсату: навчальний посібник. Редакція «Гірничої енциклопедії». – Полтава: НТП «Бурова техніка», Львів, Видавництво «Новий Світ – 2000», 2023. – 359 с.*

## MODERN APPROACH TO MANAGEMENT SATELLITE LAYER WATERS

*L. Lievi, Sc. D, Professor,*

*B. Kachurovsky, Master's Student,*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 622.692.4:621.313.13

*В.О. Малород, магістрант,*

*Р.В. Захарченко, к.т.н., доцент,*

*А.І. Криворот, к.т.н., доцент,*

*П.Б. Митрофанов, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО НАПРЯМКІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АЗОТНОЮ СТАНЦІЄЮ

Сучасна ситуація в нафтогазовій галузі України характеризується дефіцитом газу власного видобутку та значним виснаженням запасів вуглеводнів на газових і газоконденсатних родовищах.

Для досягнення високого значення кінцевого коефіцієнта вилучення газу з пласта необхідно покращувати умови свердловинної зони пласта, забезпечувати стабільну роботу видобувної свердловини за рахунок збільшення дебіту газу.

Досягти даних цілей можливо з застосуванням неуглеводневих газів, які почали досліджуватись ще на початку ХХ століття. З кожним роком неуглеводневі гази та рідини знаходять дедалі більше застосування в нафтогазовій галузі. У якості неуглеводних газів може використовуватись вуглеводний, вуглекислий газ або азот. З нашої точки зору раціональніше використовувати азот, переваги якого представлено на рисунку 1.



Рис. 1. Переваги азоту над іншими неуглеводними газами

Азот доступний у великому обсязі, його можна витягти з атмосфери з відносними низькими витратами, використовуючи криогенні або мембранні технології. Через свою низьку корозійну активність використання азоту не призводить до корозії обладнання, що усуває необхідність в антикорозійному захисті та спеціальних корозійностійких матеріалах.

У нафтогазовій галузі азот та обладнання для його виробництва застосовуються для підтримки пластового тиску, при бурінні свердловин, для

запобігання та гасіння пожеж, а також для ремонту свердловин та очищення трубопроводів.

Основні переваги та недоліки різних способів отримання азоту з повітря наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Основні переваги та недоліки різних способів отримання азоту з повітря

Переваги та недоліки	Спосіб отримання азоту		
	Мембранний	Адсорбційний	Кріогенний
Переваги	У газорозділювальних блоках повністю відсутні рухомі частини, що забезпечує надійність установок. Мембрани дуже стійкі до вібрацій і ударів, функціонують у широкому діапазоні температур – від мінус 40 °С до плюс 60 °С. При дотриманні умов експлуатації ресурс мембранного блоку складає від 130 000 до 180 000 годин.	Можливість отримання азоту високої чистоти – до 99,9999 % Відсутні рухомі частини	Можливість отримання надчистого азоту (у наближенні до 100 %) Можливість отримання інших компонентів повітря Можливість отримання компонентів повітря в рідкому стані
Недоліки	Обмежена продуктивність вибраної установки Максимальна концентрація азоту – 99,5 %	Необхідність періодичної заміни адсорбенту	Висока вартість обладнання Значні витрати на виробництво Великі габарити обладнання Тривалий пусковий період

Завданням сучасних досліджень є розробка універсальних напрямків модернізації, які б максимально підходили до будь-якого способу отримання азоту, а також для стаціонарних та пересувних азотних станцій. З урахуванням світової практики, сучасними економічними та енергетичним вимогами до об'єктів нафтогазового промислу приймаємо наступні технологічні рішення (рис. 2).

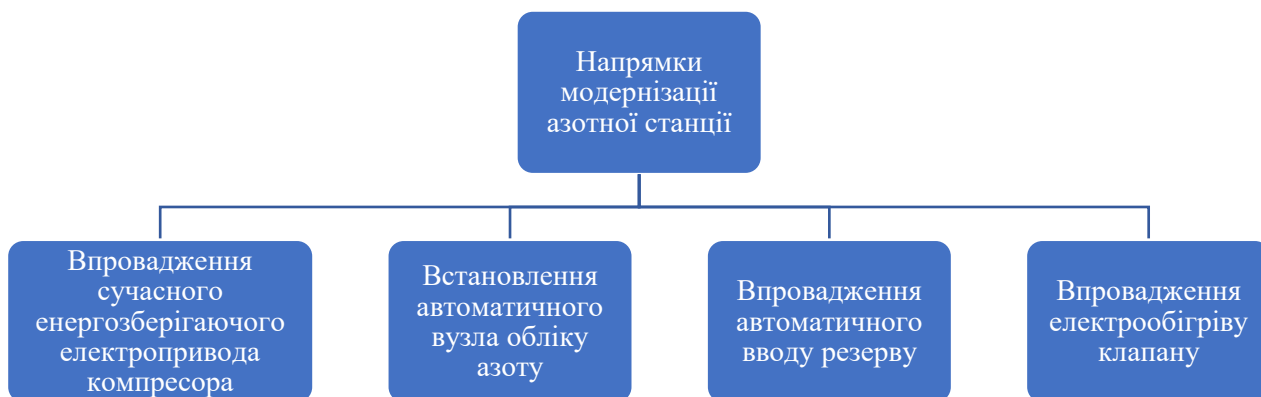


Рис. 2. Напрямки модернізації азотної станції

Впровадження сучасного енергозберігаючого електропривода компресора полягає в заміні синхронного двигуна на асинхронний з частотним керуванням. Така заміна повинна привести до:

1. Кращої працездатності та безвідмовності за рахунок регулюванню динамічних процесів електропривода та чіткого контролю його параметрів, що для технологічного процесу отримання азоту вкрай важливо.

2. Підвищення енергоефективності за рахунок зменшення пускових струмів електропривода, плавного регулювання режимів роботи двигуна при зміні навантаження, чіткий контроль регульованих параметрів.

3. Збільшення терміну служби механічної частини електропривода.

Встановлення вузла обліку азоту надасть можливість контролювати його кількість, а також моніторити якість роботи існуючого методу отримання.

Використання автоматичного вводу резерву (АВР) в енергетичних системах та об'єктах з високими вимогами до надійності має наступні переваги:

1. Безперервне живлення: надійно захищає об'єкт від можливих втрат через перерви в електропостачанні.

2. Автоматизований процес: АВР виконує переключення між джерелами живлення автоматично, уникаючи необхідності втручання.

3. Збільшення надійності: використання резервного джерела живлення знижує ризик відмови системи в разі перебою основного живлення.

4. Економія часу: АВР дозволяє швидко реагувати на відмову живлення та знижує час простою системи.

Електрична система промислового обігріву нафтової галузі відзначена такими перевагами:

1. Зручність конструкції і висока потужність.

2. Екологічність процесу.

3. Після перерви в електроживленні можна легко відновити роботу трубопроводу.

4. Можливість регулювання температури об'єкта.

5. Економія за рахунок оптимальних витрат електричної енергії.

6. Автоматизація процесу, довгий термін служби і високий рівень безпеки.

Спочатку, промисловий обігрів проводився за допомогою гарячої води, водяної пари, газів, масел і рідин. Найбільш популярною була пара, але вона мала ряд недоліків: висока вартість генерації, необхідність відводу конденсату, неможливість автоматизації процесу, перевитрата і інші.

Поступова або комбінована інтеграція цих заходів до існуючої автоматизованої системи азотної установки підвищить надійність технологічного процесу отримання азоту, а також ефективність виклику припливу з родовищ.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Основи нафтогазової інженерії [Текст]: підручник для студентів вищих навчальних закладів.* / Білецький В. С., Орловський В. М., Вітрик В. Г. - Львів: «Новий Світ- 2000», 2020 – 416 с.

2. Фик М. І., Хріпко О. І., Раєвський Я. О., Варавіна О. П. Розробка та експлуатація нафтових та нафтогазових родовищ: посібник для студ. ВНЗ / під ред. д-ра. техн. наук, проф. І. М. Фика. – Харків, 2019. – 149 с.

## **A MODERN APPROACH TO THE MODERNIZATION DIRECTIONS OF THE NITROGEN PLANT CONTROL SYSTEM**

*V. Malorod, Master's Student,*

*R. Zakharchenko, PhD, Associate Professor,*

*A. Kryvorot, PhD, Associate Professor,*

*P. Mitrofanov, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.311**

*В.О. Тімов, магістрант,*

*Н.В. Єрмілова, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **МОДЕРНІЗАЦІЯ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ 110/10 кВ З ЖИВЛЯЧОЮ ПОВІТРЯНОЮ ЛІНІЄЮ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ**

Енергетика як галузь промисловості країни в результаті різних видів діяльності суспільства отримала провідне місце. Недаремно рівень розвитку сучасної цивілізації визначається кількістю споживаної електричної енергії на душу населення. Так, з підвищенням науково-технічного прогресу електрична енергія стає одним з основних і дешевих видів енергії. Разом з тим енергетика при виробництві, передачі, розподілі та споживанні електричної енергії стикається з неминучими труднощами, пов'язаними з експлуатацією основного силового обладнання. Ці труднощі з часом все більше зростають, що визначається, в першу чергу, природним зносом апаратури. З цією метою, а також для підвищення економічної ефективності самої галузі, повинно бути передбачено поліпшення використання наявного обладнання та модернізації застарілого обладнання [1].

Таким чином, одним із етапів реалізації цієї програми є проектування та будівництво нових електроустановок, зокрема електричних підстанцій, які є невід'ємною частиною всього енергетичного комплексу. Якість електричної енергії, надійність електропостачання залежать, крім інших факторів, також від правильності та раціональності прийнятих рішень при проектуванні підстанцій. Також важливим є підтримування працездатності існуючого обладнання на діючих трансформаторних підстанціях, що здійснюється за рахунок його технічного обслуговування з періодичними оглядами, діагностуванням стану обладнання, виявленням дефектів і несправностей та своєчасним ремонтом.

Модернізація трансформаторної підстанції включає кілька етапів:

– підготовка – отримання технічних умов або завдання на проектування, підбір відповідного обладнання;

- проєктні роботи – розроблення проєкту реконструкції та пояснювальної записки в кожній частині, погодження проєкту в наглядових органах;
- робоче проєктування – розроблення робочих креслень і відомостей, за якими відбувається закупівля обладнання;
- наладка – проведення пусканалагоджувальних та будівельних робіт.

Завданням даної роботи є вибір оптимальної схеми з'єднань і параметрів окремих елементів мережі відповідно до заданих навантажень і джерел живлення. При цьому повинні враховуватися також умови майбутньої експлуатації мережі і, зокрема, економічність режимів її роботи [1].

При виборі оптимального варіанту електропостачання необхідно враховувати категорії споживачів проєктованої підстанції. До складу споживачів входять споживачі I та II категорій, тому електропостачання останніх повинно здійснюватися по дволанцюговій лінії електропередачі з установкою на підстанції двох трансформаторів. Дана трансформаторна понижувальна підстанція 110/10 кВ повинна живитися від ЛЕП довжиною 50 км, яка приєднується відпайкою до існуючої лінії електропередачі 110 кВ. Географічне розташування та відстань від ЛЕП до підстанції, що підлягає модернізації, зображено на рисунку 1.

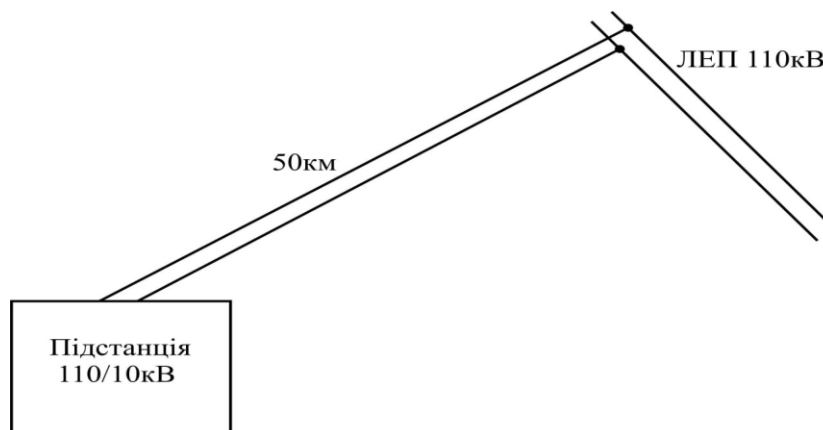


Рис. 1. Географічне розташування підстанції від ЛЕП

Модернізація підстанції, що проводиться в даній роботі, передбачає заміну високовольтного обладнання: вимикачів, роз'єднувачів та ізоляторів, трансформаторів струму і напруги, обмежувачів перенапруги тощо [2,3]. Після монтажу усього обладнання треба провести пусканалагоджувальні роботи, потім модернізовану підстанцію можна вводити в експлуатацію.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Правила улаштування електроустановок.* - Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Харків: Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.

2. *Осташевський М. О. Електричні машини і трансформатори : навч. посібник / М. О. Осташевський, О. Ю. Юр'єва; за ред. В. І. Мілих. – Харків : ФОРМ, 2017. – 452 с.*

3. *Клименко Б.В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту : навч. посіб. / Б.В. Клименко. – Харків : Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.*

## **MODERNIZATION OF A 110/10 kV TRANSFORMER SUBSTATION WITH A FEEDING OVERHEAD POWER LINE**

*V. Titov, Master's Student,*

*N. Yermilova, PhD (Engineering), Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.9**

*В.О. Пантелєєв, аспірант*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

## **ІНТЕГРОВАНІЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ СОЦІАЛЬНИХ МЕРЕЖ ТА МАШИННОГО НАВЧАННЯ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВНУТРІШНІХ ІНЦИДЕНТІВ**

**Анотація.** У сучасному цифровому середовищі актуальним стає питання підвищення ефективності виявлення внутрішніх інцидентів у мережах шляхом аналізу даних соціальних медіа. У цій роботі досліджено інтеграцію методів машинного навчання та теорії графів для прогнозування інцидентів на основі активності користувачів. Запропонований метод дозволяє точніше класифікувати аномальну поведінку та потенційні кіберзагрози шляхом поєднання алгоритмів обробки даних і класифікації.

Зростання цифровізації сприяє підвищенню ризику кіберзагроз, особливо тих, що виникають із внутрішніх джерел (інсайдерів). Аналіз даних соціальних мереж дозволяє ефективно виявляти такі інциденти завдяки їхній структурованій природі. Традиційні методи не завжди ефективні для сучасних великих даних, тому об'єднання графових моделей і методів машинного навчання стає перспективним напрямом досліджень.

**Актуальність.** За даними ENISA, до 27% витоків даних спричинено людським фактором або ненавмисною дією інсайдерів. Такі інциденти можна ефективно виявити шляхом аналізу активності у соціальних мережах та внутрішніх комунікаційних системах організацій.

**Мета дослідження.** Розробити інтегрований підхід, що поєднує методи машинного навчання та аналізу графів для прогнозування внутрішніх інцидентів.

Машинне навчання вже активно використовується у сфері кібербезпеки. Зокрема, Shafiq та ін. [1] продемонстрували ефективність алгоритмів у класифікації трафіку IoT, а Radivilova та ін. [3] застосували методи для

виявлення DDoS-атак. Бейг та ін. [5] запропонували інтелектуальну модель для виявлення DoS-атак, що показала високу точність у реалістичних сценаріях. Ге та ін. [4] представили мультикласову класифікацію на основі глибоких нейронних мереж, досягаючи високих показників точності. УЛЛА та ін. [5] застосували CNN для виявлення аномалій у соціальних мережах, що підтвердило ефективність графових моделей і нейронних мереж.

Запропонований підхід включає кілька ключових етапів (Рис. 1).

1. Попередня обробка даних. Трансформація та стандартизація вхідних даних для подальшого аналізу.

2. Представлення даних на основі графів. Побудова матриць суміжності для моделювання взаємодій користувачів у соціальних мережах.

3. Зменшення розмірності. Використання PCA (аналіз головних компонент) для видалення ключових ознак та оптимізації обчислень.

4. Класифікація даних. Застосування моделей машинного навчання:

- логістична регресія (LR) [1];
- підтримка векторних машин (SVM) [3];
- к-середніх для кластеризації.

5. Оцінка ефективності. Визначення точності, F1-міри та прецизійності для порівняння результатів різних моделей).

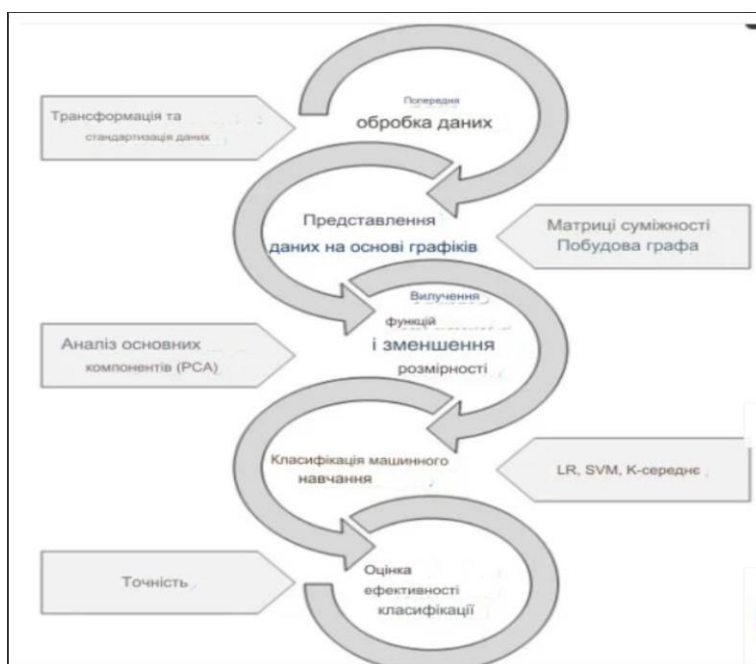


Рис.1. Запропонована архітектура інтегрованого методу

Результати дослідження. Результати моделювання продемонстрували, що методи логістичної регресії та SVM дозволяють досягти високої точності при класифікації інцидентів. Зокрема, логістична регресія: точність 92% [1]. Метод SVM: точність 89% [3]. Метод К-середніх показав ефективність у виявленні аномалій на великих вибірках.

Запропонований метод інтеграції аналізу графів та алгоритмів машинного навчання дозволяє ефективно прогнозувати інциденти у соціальних мережах. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оптимізацію вилучення ознак та адаптацію моделі до динамічно змінюваних даних.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Shafiq M., Tian Z., Sun Y., Du X., Guizani M. *Selection of effective machine learning algorithm and Bot-IoT attacks traffic identification for internet of things in smart city* // *Future Gener. Comput. Syst.* – 2020. – Vol. 107. – P. 433–442.

2. Shafiq M., Tian Z., Bashir A.K., Du X., Guizani M. *CorrAUC: A malicious bot-IoT traffic detection method in IoT network using machine-learning techniques* // *IEEE Internet Things J.* – 2020. – Vol. 8. – P. 3242–3254.

3. Radivilova T., Kirichenko L., Ageiev D., Bulakh V. *Classification methods of machine learning to detect DDOS attacks* // *Proc. of the 10th IEEE Int. Conf. on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS)*. – Metz, France, 2019. – P. 207–210. – doi: 10.1109/IDAACS.2019.8924406.

4. Popoola S.I., Adebisi B., Hammoudeh M., Gui G., Gacanin H. *Hybrid deep learning for botnet attack detection in the internet-of-things networks* // *IEEE Internet Things J.* – 2020.

5. Alothman Z., Alkasasbeh M., Al-Haj Baddar S. *An efficient approach to detect IoT botnet attacks using machine learning* // *J. High Speed Netw.* – 2020.

## INTEGRATED APPROACH TO SOCIAL NETWORK ANALYSIS AND MACHINE LEARNING FOR INTERNAL INCIDENT DETECTION

*V. Pantieliev, Postgraduate Student*

*Kharkiv National University of Radio Electronics*

**УДК 621.39**

*С.В. Индик, к.т.н., доцент,*

*В.В. Панич, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ПРОЄКТУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

Розподілені корпоративні мережі є основою для забезпечення ефективної роботи сучасних підприємств, які мають численні підрозділи та офіси в різних регіонах. Вони дозволяють забезпечити обмін даними, доступ до інформаційних ресурсів та забезпечити високий рівень безпеки при взаємодії віддалених користувачів. Оскільки вимоги до таких мереж постійно зростають у зв'язку з глобалізацією, мобільністю співробітників і збільшенням обсягів даних — питання їх проєктування та оптимізації набуває особливої актуальності.

Об'єктами дослідження є корпоративні мережі, що охоплюють різні географічні локації та мають потребу в обміні даними між віддаленими офісами, філіями та віддаленими користувачами. Основними характеристиками таких мереж є: масштабованість, безпека, надійність і продуктивність. У дослідженні використано методи моделювання, аналізу топологій, а також технічні засоби моніторингу та оптимізації мережевих процесів. Для розв'язання завдань з підвищення продуктивності мережі застосовуються методи балансування навантаження, технології оптимізації трафіку та системи управління якістю обслуговування. Основним інструментом дослідження є аналіз різних архітектурних рішень та технічних засобів для забезпечення безпечного та ефективного обміну даними в умовах розподіленої мережі.

Результати дослідження показали, що для ефективного функціонування розподілених корпоративних мереж необхідно враховувати кілька основних аспектів. По-перше, вибір топології мережі, який залежить від розміру компанії та географічної поширеності її підрозділів, відіграє ключову роль у досягненні оптимальної продуктивності. Зокрема, топології "зірка", "дерево" та "кільце" демонструють різні переваги й недоліки в залежності від конкретних потреб бізнесу. Для малих та середніх компаній оптимальною є топологія зірка, яка забезпечує централізоване управління і простоту в налаштуванні, однак для великих корпорацій з численними підрозділами краще застосовувати деревоподібну топологію, що дозволяє покращити надійність і масштабованість мережі.

По-друге, для забезпечення безпеки в розподілених мережах необхідно застосовувати багатофакторну аутентифікацію, шифрування трафіку, а також використання віртуальних приватних мереж. Важливим компонентом є протокол IPsec (Internet Protocol Security), який забезпечує шифрування, цілісність і аутентифікацію даних, створюючи захищені тунелі для передачі між сегментами мережі. IPsec підтримує сучасні алгоритми шифрування, такі як Advanced Encryption Standard, і є надійним рішенням для захисту корпоративного трафіку. Впровадження систем моніторингу та засобів для відстеження аномалій у мережевому трафіку також є важливим аспектом у забезпеченні безпеки.

По-третє, дослідження показали, що застосування технології Software-Defined WAN (SD-WAN) є перспективним методом для оптимізації використання каналів зв'язку та управління трафіком. Це дає змогу знижувати витрати на передачу даних між віддаленими офісами і при цьому підвищувати продуктивність за рахунок гнучкого налаштування маршрутизації. Застосування таких технологій дозволяє ефективно керувати мережею, знижуючи ризики відмов та забезпечуючи високу швидкість обміну інформацією в умовах великих навантажень.

Ще одним важливим результатом є те, що застосування методів балансування навантаження дає змогу збільшити ефективність роботи мережі, зменшуючи ймовірність перевантаження окремих елементів інфраструктури. Це дозволяє забезпечити стабільність і доступність мережевих ресурсів навіть у періоди пікового навантаження.

Сучасні тенденції в проектуванні корпоративних мереж орієнтовані на застосування новітніх технологій, таких як 5G, хмарні обчислення, штучний інтелект та Інтернет речей. Інтеграція цих технологій у розподілені мережі дозволяє значно збільшити швидкість обміну даними, забезпечити безпеку на новому рівні, а також оптимізувати використання ресурсів.

Дослідження вказують на важливість комплексного підходу до проектування розподілених корпоративних мереж, що враховує як вимоги безпеки, так і ефективність використання ресурсів. Розробка оптимальних топологій, впровадження систем безпеки, а також технологій для управління трафіком і балансування навантаження дозволяє значно покращити продуктивність і надійність таких мереж. Отримані результати можуть бути використані для проектування мереж у компаніях, що мають потребу в безпечному та ефективному обміні даними між віддаленими підрозділами, а також для подальших досліджень у сфері оптимізації мережевих архітектур у великих організаціях.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Kent S., Seo K. *Security Architecture for the Internet Protocol (RFC 4301)* [Електронний ресурс] / *Internet Engineering Task Force*. – 2005. – Режим доступу: <https://www.ietf.org/rfc/rfc4301.txt>.
2. Kosiur D. *IPSec: The New Security Standard for the Internet, Intranets, and Virtual Private Networks*. – Prentice Hall, 2000. – 320 с.
3. Cisco Systems. *Cisco IPsec VPN Design Guide* [Електронний ресурс] / Cisco Systems, Inc. – 2018. – Режим доступу: <https://www.cisco.com>.

### DESIGN OF A DISTRIBUTED CORPORATE NETWORK

*S. Indyk, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*V. Panych, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 620.91:621.311.243**

*М.В. Обілець, магістрант,*

*Р.В. Захарченко, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ДВОСТОРОННІХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ НА ПРАКТИЧНОМУ ДОСЛІДІ

Сонячні панелі широко увійшли в нашу буденність. Вони використовуються в домашніх приладах (світильниках, калькуляторах) слугують доповненням для портативних джерел електроенергії (повербанки, зарядні станції) а також відіграють чималу роль в енергетиці.

З розвитком технологій, модернізуються і самі панелі, підвищується їхнє ККД та термін служби до зменшення продуктивності (деградації кремнію). Одним з можливих варіантів збільшення потужності на ту ж саму площу є двосторонні сонячні панелі. Таке рішення дозволяє отримати з модуля більше енергії, що є дуже корисним для обмеженого місця встановлення.

Для розуміння вигоди та фактичних переваг, що можна отримати проведено дослід з використанням трьох панелей потужністю 3,5 Вт, максимальним струмом 7 В та струмом 0,5 А. Для імітації двосторонньої панелі з'єднано два елементи внутрішніми сторонами один до іншого. Третя панель одностороння та взята для порівняння. Панелі встановлено на даху чотирьох поверхової будівлі з плоскою покрівлею. Для об'єктивного розуміння генерації експеримент тривав протягом 24 годин.

Для збору даних обрано контролер МСД-200. Він записував параметри експерименту – поточний час та генерований струм. Результати експерименту зображені на графіку:



Рис. 1. Порівняння генерації різних типів панелей

З отриманих результатів видно переваги двосторонніх сонячних панелей:

- більш ефективне використання площі;
- приріст ККД в середньому на 14%.

Це дозволяє отримати більше енергії, яку можна накопичувати в акумуляторних батареях та використовувати на резервні потреби важливих систем таких як зв'язок, інтернет та освітлення. Що в сьогоdnішніх реаліях життя дуже актуально.

Якщо розглядати з економічної точки зору, то обирати одразу двосторонні сонячні панелі на дахи будинків та фасади стає вигідно, так як ціна в порівнянні із звичайними панелями не надто відмінна (в середньому на 5-10%), а у

довгостроковій перспективі це значно підвищує кількість згенерованої електроенергії.

Дослідження показало, що двосторонні сонячні панелі вигідно обирати та встановлювати вже зараз.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Науковий колектив Центру Разумкова. "Перспективні технології фотоелектричної сонячної енергетики": Київ, Центр Разумкова: 2021 рік
2. Збірник матеріалів конференції "Новітні технології в енергетиці" колектив Тернопільського національного технічного університету, Тернопіль, ТНТУ, 2020 рік.

## DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF DOUBLE-SIDED SOLAR PANELS IN A PRACTICAL EXPERIMENT

*M. Obilets, Master's Student,*

*R. Zakharchenko, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 004.8**

*А.В. Марчук, к.т.н.*

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

## СЕРВІСИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ДАНИХ ДЛЯ ІНТЕГРАЦІЇ З ОБ'ЄКТНИМИ ХМАРНИМИ СХОВИЩАМИ

В сучасному інформаційному середовищі спостерігається стрімке зростання обсягів даних, які потребують надійного зберігання та ефективної обробки. Хмарні сховища даних відіграють ключову роль у вирішенні цих завдань. Одним з важливих напрямків розвитку хмарних сховищ є їх інтеграція з сервісами інтелектуальної обробки даних [1-4]. Актуальність теми обумовлена потребою в розробці рекомендацій щодо вибору сервісів для інтелектуальної обробки даних, які інтегровані з об'єктними хмарними сховищами. Кількість і склад таких сервісів постійно зростає.

Проведемо аналіз можливостей інтелектуальної обробки даних в хмарних сховищах найбільш відомих хмарних провайдерів: Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure, Google Cloud Platform (GCP) та Oracle Cloud Infrastructure (OCI). Кожен з них має свої реалізації об'єктних сховищ: AWS S3, Azure Blob Storage, Google Cloud Storage, OCI Object Storage. Всі вони можуть інтегруватись з різноманітними сервісами інтелектуальної обробки даних відповідного провайдера. Для зручності нашого аналізу та рекомендацій розіб'ємо їх на групи за призначенням.

Обробка текстових даних включає розпізнавання тексту з документів та витягування корисної інформації, такої як імена, дати, адреси, а також аналіз

тональності тексту та категоризацію. Ці завдання особливо важливі для автоматизації документообігу, аналітики текстів та роботи з великими текстовими наборами даних. Сервіси Amazon Comprehend, Azure Text Analytics, GCP Natural Language API, OCI Language Cloud Service можуть безпосередньо аналізувати текстові дані, що зберігаються в об'єктному сховищі.

*Обробка табличних і структурованих даних* включає виконання SQL-запитів до даних, що зберігаються у сховищі, а також екстракцію, трансформацію та завантаження даних (ETL). Ці процеси дозволяють підготувати дані для аналітики та моделей машинного навчання. ETL-процеси дозволяють трансформувати сирі дані в зручний формат для аналізу. Сервіси Amazon Athena, Azure Data Factory, GCP BigQuery, OCI Data Integration Service дозволяють виконувати SQL-запити безпосередньо до даних, що зберігаються в об'єктному сховищі (наприклад, у форматі CSV або Parquet). Це дуже зручно для аналізу логів, даних з датчиків тощо.

*Обробка мультимедійних даних* включає розпізнавання зображень та відео для витягування тексту, виявлення облич або об'єктів. Це особливо важливо для автоматизації візуального аналізу, зокрема, у відеоспостереженні чи аналізі фотографій. Сервіси Amazon Rekognition, Azure Computer Vision, GCP Cloud Vision API, OCI Vision AI можуть аналізувати зображення та відео, що зберігаються в об'єктному сховищі. Наприклад, ви можете автоматично класифікувати фотографії продуктів або виявляти обличчя на відео.

*Машинне навчання та прогнозування* включають створення і навчання моделей, які можуть використовувати дані зі сховищ для виявлення закономірностей та прогнозування майбутніх подій. Цей вид обробки даних особливо корисний у сфері бізнес-аналітики та прогнозуванні попиту. Сервіси Amazon SageMaker, Azure Machine Learning, GCP AI Platform, OCI Data Science Service дозволяють тренувати моделі машинного навчання на даних, що зберігаються в об'єктному сховищі. Наприклад, можна створити модель для прогнозування продажів на основі історичних даних, збережених у хмарному сховищі.

*Інтелектуальний пошук* дозволяє знаходити інформацію за контекстом, а не за ключовими словами, що значно спрощує роботу з великими масивами даних. Це особливо корисно для корпоративних пошукових систем, які обслуговують великі набори документів. Сервіси Amazon Kendra, Azure Cognitive Search, GCP Cloud Search, OCI Oracle Cloud Infrastructure Search можуть індексувати дані з об'єктного сховища, що дозволяє здійснювати пошук за текстом, зображеннями та іншими типами даних.

*Потокова обробка даних* дозволяє автоматично реагувати на зміни у даних у реальному часі та здійснювати обмін повідомленнями. Це корисно для систем, які вимагають швидкої обробки, зокрема, при завантаженні нових файлів чи даних. AWS Lambda, Azure Functions, Google Cloud Functions, OCI Functions - безсерверні рішення які можна використовувати для швидкої обробки та реагування на зміни даних. Amazon EventBridge, Azure Event Grid, GCP Pub/Sub

і OCI Events використовують для керування, потокової обробки та маршрутизації подій між хмарними сервісами.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Amazon S3*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aws.amazon.com/s3/?nc2=h ql prod fs s3> (дата звернення: 01.12.2024). – Назва з екрана.
2. *Oracle Cloud Storage*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.oracle.com/ua/cloud/storage/> (дата звернення: 01.12.2024). – Назва з екрана.
3. *AI and machine learning product*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cloud.google.com/products/ai> (дата звернення: 01.12.2024). – Назва з екрана.
4. *Azure AI Services*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://azure.microsoft.com/en-us/products/ai-services> (дата звернення: 01.12.2024). – Назва з екрана.

## INTELLIGENT DATA PROCESSING SERVICES FOR INTEGRATION WITH CLOUD OBJECT STORAGE

*A. Marchuk, PhD, Senior Lecturer*

*Kharkiv National University of Radio Electronics*

**УДК 65.011.5:633.1**

*О.С. Марченко, магістрант,*

*В.М. Галай, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕВАТОРОМ

В умовах сучасного агропромислового виробництва автоматизація процесів транспортування зернових культур в зернохосовищах є актуальною та важливою задачею, спрямованою на оптимізацію виробничих процесів, збільшення продуктивності та підвищення якості зберігання продукції сільськогосподарства. Ефективне управління цими процесами вимагає розробки та впровадження сучасних технологій автоматизації, які б забезпечували точність, швидкість та безпеку виконання робіт.

Враховуючи швидкий технологічний прогрес та зростання вимог до якості зберігання зерна, розробка ефективних та інтегрованих систем автоматизації стає актуальною задачею, що вимагає комплексного дослідження та інженерних рішень [1].

В роботі постало завдання провести розробку системи автоматичного навантаження потрібної кількості зерна для забезпечення швидшого

навантаження, а також знизити до мінімуму випадки перевантажень або недовантажень. Є три основні пристрої транспортування зерна на короткі відстанні: конвеєр, елеватор (далі норія), та пневматичний навантажувач.

З усіх вищезгаданих способів транспортування зерна, мною було обрано пневматичне транспортування зерна, так як воно дозволяє системі бути більш гнучкою і забирати зерно з найбільш важкодоступних місць, що якраз і потрібно по поставленій задачі.

Пневматичний навантажувач – один із найбільш універсальних типів обладнання, що дає можливість дуже гнучко реагувати на зміни умов перевантаження та оперативно організовувати різні технологічні лінії.

У його конструкції реалізовані інженерні рішення, що орієнтовані на оптимізацію всіх аспектів процесу перевалки

- Пневмонавантажувачі дають змогу найбільш ефективно здійснювати розвантаження силосів, складів підлогового зберігання, глибоких трюмів. Вони спроможні переміщати великі обсяги зернових, у тому числі у вертикальному напрямку, на дистанцію до 100 м.

- Він забезпечує максимальне збереження сировини. Вантаж не контактує з лопатями вентилятора, переміщення відбувається дбайливо, без руйнування насіння. У процесі транспортування можна проводити додаткове очищення збіжжя від сторонніх домішок.

- Пристрій має замкнену трасу для вантажу, що дає змогу мінімізувати втрати від просипу, майже повністю унеможливити забруднення довкілля дрібнодисперсним пилом. Модульна конструкція дозволяє варіювати довжину транспортної труби [2].

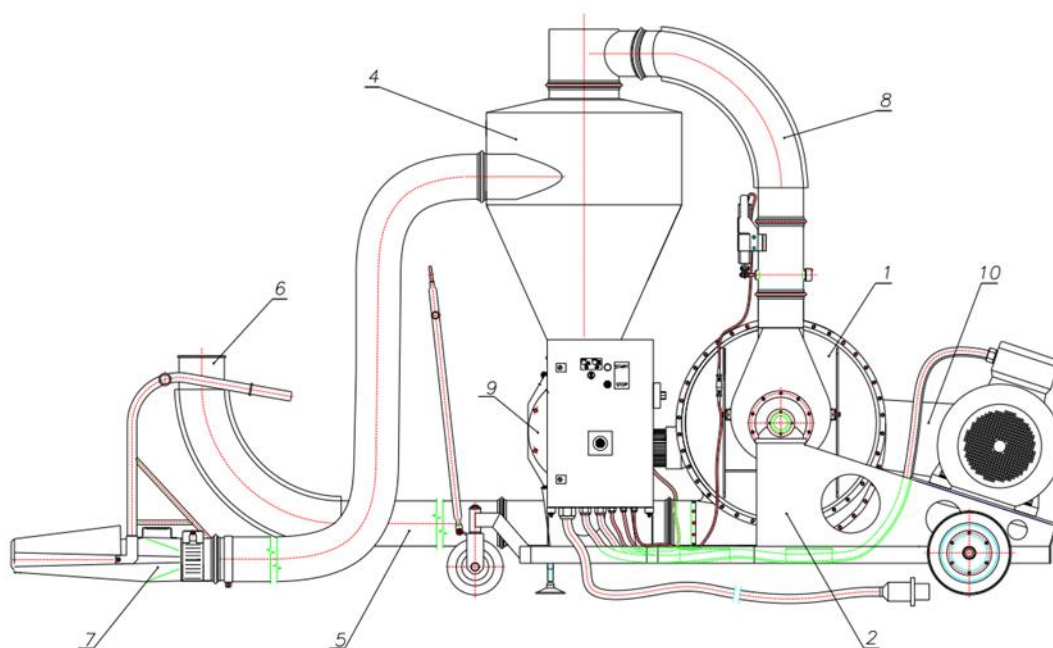


Рис. 1. Пневматичний транспортер

1 - вентилятор; 2 - шасі; 3 - дозатор; 4 - циклон; 5 - труба; 6 - коліно;  
7- сопло зі шлангом; 8 - трубний з'єднувач з колектором; 9 – шафа керування;  
10 – двигун.

Для розробки системи автоматичного керування елеватором було проведено: аналіз пристроїв, способів, особливостей транспортування зерна; актуальності такої системи. Було обрано приводний двигун, контролер, засоби автоматики.

На основі усієї інформації було проведено розробку системи автоматизації пневматичного пересипання зерна на основі Siemens LOGO. Була створена схема підключення елементів.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Елеваторна промисловість: традиції та інновації. Вітчизняний та світовий досвід [Електронний ресурс] : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. Т. П. Фесун] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 180 с.*

2. *Пневмонавантажувачі зерна [ Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://www.mhm-ukraine.com/produktsiya/tehnika-dlya-perevalki-zernovykh/mobilnye-pnevmokonvejery/prim>.*

### DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR AN ELEVATOR

*O. Marchenko, Master's Student,*

*V. Halai, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.34**

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*В.І. Романенко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ПОБУДОВА СЕНСОРНОЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ВИТОКУ ГАЗУ З ГАЗОПРОВОДУ

Магістральні газопроводи є найбільш капіталомісткими спорудами нафтогазового комплексу, а продовження їхнього функціонування забезпечує величезний вигравш для економіки країни. Однією з найважливіших проблем газопровідного транспорту є збереження нормального стану лінійних ділянок промислових та магістральних газопроводів. Як правило, найчастіше дефекти на газопроводі з'являються в результаті корозії і рідше через механічні дії.

Визначення місця корозії та пошкоджень завжди пов'язані з великими труднощами та матеріальними витратами. Тому актуальним є завдання моніторингу технічного стану підземних та надземних промислових, магістральних газопроводів за допомогою сенсорних телекомунікаційних систем.

Архітектура такої системи складається із трьох основних рівнів (рис. 1), клієнтський, серверний та рівень бездротових модулів (БМ).

На клієнтському рівні система знаходиться на веб-сайті клієнта під керування CMS WordPress. На території, що покривається областю дії бездротових модулів, об'єднаних в єдину сенсорну мережу, можливе підключення будь-якого пристрою із встановленим спеціалізованим ПЗ, що дозволить синхронізувати роботу системи, забезпечуючи отримання необхідної інформації з подальшою її обробкою.

На серверному рівні, телекомунікаційна система забезпечує зв'язок БМ – БД – КП. Програмне забезпечення виконане у вигляді сервісу, написаного мовою Java, що забезпечує швидку інтеграцію з різними технологіями. БД реалізована за допомогою СУБД MySQL та сховищ у форматі XML. Тут також представлені web-сервер та сервер БД.

БМ є пристроями, що працюють від автономних джерел живлення та володіють набором наступних основних компонентів:

- чутливим елементом, що визначає наявність витоків газу з об'єктів ГТС є детектор витоків метану (ДВМ), який складається з високочутливого датчика виявлення витоків газу/метану [2], що призначений для автоматичного безперервного вимірювання концентрацій метану (CH<sub>4</sub>) у повітрі відкритих просторів на газових магістралях та енергонезалежної пам'яті;
- приймально-передавальний пристрій з функцією ретрансляції, що складається з керуючого мікроконтролера, приймача, вбудованої антени, флеш-пам'яті, зовнішніх схем узгодження рівнів та цифрового порта;
- автономні джерела живлення (акумулятор, сонячна батарея, гібридний регулятор).

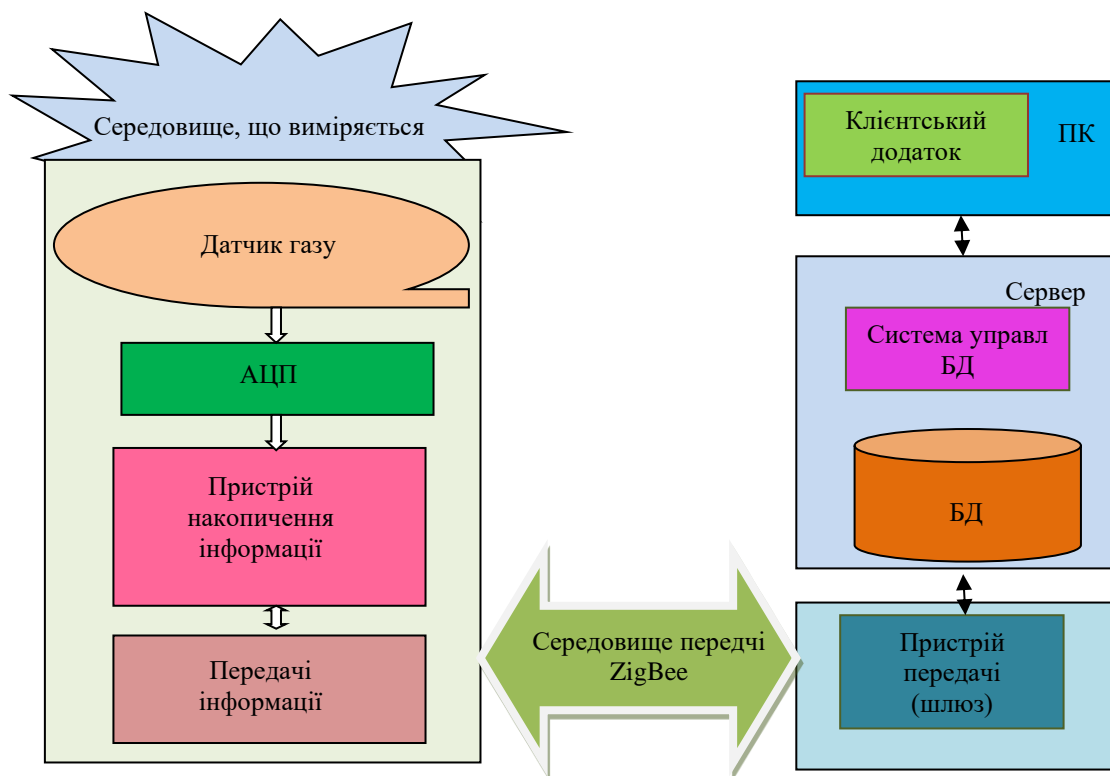


Рис. 1. Принцип побудови архітектури телекомунікаційної системи

БМ встановлюються поблизу труби (5-10 м), на певній відстані (100 м) та з'єднуються між собою за допомогою бездротового радіозв'язку [2], утворюючи сенсорну мережу послідовно розташованих бездротових пристроїв, які за допомогою ретрансляції передають інформацію від точки до точки.

Вибір бездротового каналу зв'язку для передачі даних між БМ та ЕОМ пояснюється складністю прокладання кабелю у важкодоступних районах експлуатації газопроводів.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Грудз В.Я., Грудз Я.В., Боднар В.М., Самсоненко В.В. Прогнозування ремонтних робіт магістральних газопроводів в умовах централізованої системи обслуговування. Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. 2018. №3(68). С. 31 – 38.

2. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://promsystem.com.ua/product/crowcon-smart-3g-c2-stacjonarnyj-detektor-gazu/>

3. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://atomic-shop.ua/products/zeronoise-6300036-komplekt-bezdrovoho-radiozviazku-10-serii>

## DESIGN OF A SENSOR-BASED TELECOMMUNICATION SYSTEM FOR MONITORING GAS LEAKAGE FROM A PIPELINE

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*O. Romanenko, Master's Student,*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.396**

*I.M. Дюдюк, магістрант,*

*О.С. Фомін, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ ЗА ДОПОМОГОЮ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ З ПІДВИЩЕНОЮ ЗАВАДОСТІЙКІСТЮ

Новітні технології бездротового зв'язку та прогрес в області виробництва мікроелектроніки дозволили протягом останніх десятиліть перейти до практичної розробки та впровадженню нового класу розподілених комунікаційних систем – сенсорних мереж.

Бездротові сенсорні мережі – це перспективна технологія. В процесі розробки сенсорних мереж, були виявлені недоліки каналів зв'язку бездротових сенсорних мереж такі як: асиметричність каналів, нестабільність каналів, непередбачуваність, зміна рівня потужності сигналу на тривалих проміжках часу. Всі ці явища вносять свій вплив на стабільність роботи мережі. Тому навіть використовуючи метод множинного доступу з виявленням несучої і уникнення

колізій (CSMA/CA), не є гарантом компенсації втрат пакетів від колізій. При цьому губляться пакети тільки від вузлів з найбільш слабким рівнем сигналу, а вузли з більш сильним рівнем сигналу стабільні.

Щоб підвищити, ефективність використання радіочастотного спектру знайшла застосування технологія OFDM (мультиплексування з ортогональним частотним розділенням каналів).

Мультиплексування з кодованим ортогональним частотним поділом каналів (COFDM) є альтернативою сигналу з однією несучою, яка часто використовується через обмеження систем з однією несучою для ширококугових програм, де використовується багатопроменевість. Ці обмеження зумовлені частотно-вибірковим завмиранням, яке спричиняє значну різницю потужності сигналу прийому в ширококуговому каналі, а також міжсимвольними перешкодами, які можуть виникати в середовищах із великим розповсюдженням затримки.

COFDM також забезпечує бездротовий зв'язок вирішенням проблеми міжсимвольної інтерференції (ISI). Між кожним переданим символом залишається захисний інтервал, щоб у приймача був час для отримання копії символу, що надходить на довшому відбитому шляху, без перекриття з наступним символом. В приймачі відбувається перекриття символів, в момент коли захисний інтервал достатньо довгий і коли він занадто короткий, що призводить до міжсимвольної інтерференції.

В ширококуговій системі з однією несучою довжина символу стає дуже малою для даної швидкості передачі даних. Захисний інтервал, необхідний для врахування відмінностей у довжині шляху, може стати таким же або довшим, ніж символ. Це зменшить кількість даних, які можна надіслати, так як пауза буде збільшуватися.

Символи ставатимуть довшими прямо пропорційно кількості використаних піднесучих. Таким чином, захисний інтервал установленної довжини менше впливатиме на кількість даних, які можуть бути передані, так як символ перенесення даних переважає над захисним інтервалом.

Мультиплексування з кодованим ортогональним частотним поділом каналів практично нечутливе до завмирань та короткочасним завадам.

Також, треба врахувати технологію MIMO (множинного входу – множинного виходу).

Сигнал на вході двох приймальних антен, спотворюється шумом, який не корельований між антенами, таким чином об'єднавши два сигнали, можна отримати кращий сигнал. Рознесення також можна досягти за допомогою кількох передавальних антен методом просторово-часового кодування (STC).

Все це свідчить про прямий взаємозв'язок завадостійкості з енергетичною та частотною ефективністю бездротових сенсорних мереж. Їх одночасне підвищення впливає на надійність роботи в цілому, як системи. Завадостійкість приймання сигналів в системі MIMO суттєво залежить від вибору методу обробки сигналів на приймальному боці. Існуючі методи обробки сигналів, які

забезпечують задану якість передачі інформації, мають високу обчислювальну складність, тому виникає необхідність удосконалення цих методів.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Смоляр В.Г., Тишко С.А., Слюсарь І.І. Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: Центральний науково-дослідний інститут навігації та управління, 2011. – Вип. 1(21). – С. 268-271.
2. Вісник Військового інституту телекомунікацій та інформатизації імені Героїв Крут. Комунікаційні та інформаційні системи. Випуск № 1. – Київ: ВІТІ, 2021. – 122 с.
3. <https://silvustechologies.com>
4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/MIMO>.

## IMPROVING THE OPERATION OF THE SENSORY METERING BEYOND ADDITIONAL CHANNELS IN CONNECTION WITH ADVANCED SENSITIVITY

*I. Diudiuk, Master's Student,*

*O. Fomin, PhD, Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.34**

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*С.В. Мигаль, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ 5G ТА 6G В КОНТЕКСТІ СПОЖИВЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Технології 5G та 6G суттєво відрізняються від технологій попередніх поколінь. Обидва стандарти зорієнтовані на задоволення зростаючих потреб у високій швидкості, пропускній здатності та надійності, а також вимагають упровадження нових технологій, наприклад, «Інтернет речей» (IoT), штучний інтелект і інші. Мережа 5G підтримує одночасне підключення мільярдів пристроїв, що дозволяє активно розвивати IoT.

Інноваційна технологія 5G забезпечує суттєво збільшену швидкість передачі даних порівняно з технологією 4G. Максимальна швидкість передачі даних може досягати до 10 Гбіт/с на одного споживача.

Потенційно, пропускна здатність мережі 5G може сягати до 10 Гбіт/с на одного користувача, що в десятки разів швидше ніж у 4G. Такі параметри дозволяють обробляти значно більші обсяги даних що, в свою чергу, відкриває можливості для нових додатків, таких як віртуальна та доповнена реальність, високоякісне відео в реальному часі, та інші інтенсивні сервіси.

У процесі впровадження технології 5G відбудеться зменшення затримки до 1 мс, що є критично важливим для реальних застосунків у сфері автономних транспортних засобів, робототехніки та автоматичного керування технологічними процесами різного рівня складності та ієрархії.

Комунікаційні мережі за технологією 5G /6G повинні бути стійкими до технічних збоїв та природних катастроф, забезпечуючи безперервний зв'язок навіть в екстремальних умовах.

Технологія 6G є наступним етапом розвитку мобільних мереж, який має вищі вимоги в порівнянні з 5G. Хоча 6G поки знаходиться на етапі розробки, зараз можна виділити кілька ключових вимог.

Наприклад, розробники 6G прагматично обіцяють досягти теоретичних швидкостей до 1 Тбіт/с на одного користувача, що дозволить обробляти величезні обсяги даних і забезпечувати надшвидкий доступ до мережі-Інтернет.

Запланована зменшена затримка буде складати до мікросекунд, що дозволить забезпечити нові можливості для автоматизованих та автоматичних систем.

Для гнучкого використання переваг технології 5G/6G необхідне впровадження штучного інтелекту та машинного навчання для автономного керування мережею, оптимізації трафіку та прогнозування навантаження.

Перспективою 6G є забезпечити глобальне охоплення, включаючи важкодоступні на сьогодні райони планети, що буде важливим для застосувань в сільському господарстві, високотехнологічному виробництві та навігації наземного, водного та повітряного транспорту.

Глибока інтеграція з новими технологіями, такими як квантові обчислення, для обробки великих об'ємів даних, сприятиме забезпеченню безпеки та захисту приватності.

Завданням сьогодення є забезпечення ефективного використання більш широкого спектра частот, включаючи терагерцові хвилі, для підтримки надшвидких з'єднань і високої пропускної здатності.

Отже, мережеві технології 5G і 6G забезпечать суттєві поліпшення в порівнянні з існуючими поколіннями мобільних мереж, відповідаючи на вимоги сучасних і майбутніх технологій.

Ключові вимоги для обох технологій включають зниження затримки, підвищення пропускної здатності, покращену надійність і безпеку, а також гнучкість і масштабованість для підтримки майбутніх інновацій.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Ahmadi H. *Networked twins and twins of networks: An overview on the relationship between digital twins and 6G* / H. Ahmadi, A. Nag, Z. Khar, K. Sayrafian, S. Rahardja // *IEEE Communications Standards Magazine*, – 2021. № 5(4). – P. 154 – 160.

2. Zhao, D., et al. (2020). "A survey of 6G wireless communications: Vision, requirements, architecture, and technologies." *IEEE Access*.

<https://www.researchgate.net/publication/340478032> *A Survey of 6G Wireless Communications Emerging Technologies.*

3. Zhang, J., et al. (2020). "The Future of 5G and 6G: Applications, Challenges, and Trends." *IEEE Transactions on Wireless Communications.* <https://ieeexplore.ieee.org/ielaam/6287639/8948470/9145564-aam.pdf>.

4. Saad, W., et al. (2020). "Vision, challenges, and future directions of 6G networks." *IEEE Communications Magazine.* <https://www.researchgate.net/publication/339637202> *A Review of Vision and Challenges of 6G Technology.*

5. Wu, X., et al. (2022). "Exploring the Potential of 6G Networks for Consumer Applications." *IEEE Internet of Things Journal.* <https://www.researchgate.net/publication/363025403> *6G-Enabled Internet of Things Vision Techniques and Open Issues*

## **PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF 5G AND 6G IN THE CONTEXT OF CONSUMER TECHNOLOGIES**

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*S. Myhal, PhD Student,*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 681.7.068**

*О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент,*

*О.В. Сухоробрий, студент,*

*О.О. Куденко, студент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ТРАКТУ OTN DWDM**

Технологічною особливістю DWDM є здатність ВС одночасно передавати оптичне випромінювання різних довжин хвиль без взаємного впливу. Кожна довжина хвилі є робочою у відповідному окремому оптичному каналному інтервалі у волокні. По кожному такому каналному інтервалу передається мультиплексований з розділенням за часом сигнал TDM, що був сформований у відповідному кінцевому лінійному обладнанні (Line Terminating Equipment, LTE) відповідно до методів, що застосовуються в різних технологіях (наприклад, SDH).

При формуванні оптичного тракту TN DWDM можна виділити п'ять його основних вузлів:

- оптичний термінальний мультиплексор (OTM);
- транспондер (OTU);
- регенератор (REG);
- оптичний лінійний підсилювач (OLA);
- оптичний мультиплексор вводу/виводу (OADM).

Для передачі по одному волокну кількох сигналів SDH необхідно перетворити їх із формату SDH у формат DWDM. Цю функцію виконує транспондер (див. рисунок).

На вхід транспондера подається сигнал SDH (або іншої технології: ATM, IP, 10 GE), який необхідно перетворити у «формат» DWDM, тобто у сигнал зі строго фіксованою довжиною хвилі і вузьким спектром випромінювання. Оптичний SDH-сигнал перетворюється в електричну форму, відновлюється форма сигналу і далі виконується зворотне електрооптичне перетворення у формат DWDM. Для відновлення форми сигналів використовується так зване 3R-перетворення: 1R (re-amplification) – підсилення сигналу, 2R-1R додатково здійснюється відновлення форми сигналів (re-shaping), 3R-2R додається ресинхронізація (re-timing). Для передачі сигналу на порівняно невеликі відстані, наприклад, в межах міста або області, буде досить використовувати транспондери з функцією 2R. Зазначимо, що при ущільненні  $m$  оптичних сигналів має бути стільки ж транспондерів.

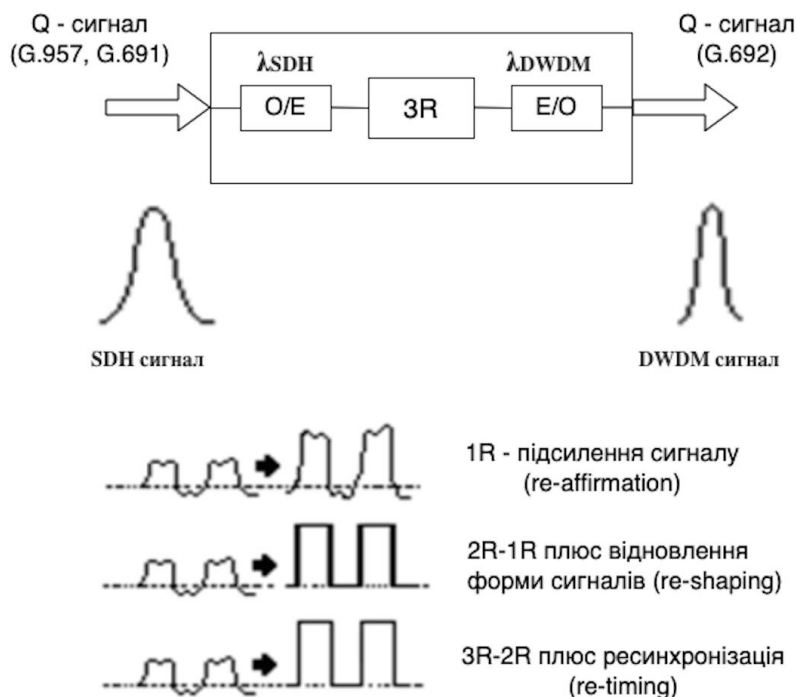


Рис. 1. Принцип роботи транспондера

Основними вузлами ОТМ є оптичний мультиплексор (ОМ) і оптичний демультиплексор (ОД). У напрямку передачі ОМ мультиплексує (групує) сигнали з фіксованими довжинами хвиль, що сформовані на виході транспондерів ( $\lambda_1 \dots \lambda_m$ ), в груповий сигнал, який і передається по ВОК. На прийомі ОД демультиплексує (розділяє) груповий сигнал на сигнали з фіксованими довжинами хвиль ( $\lambda_1 \dots \lambda_m$ ), які далі подаються на транспондери.

Оптичне мультиплексування і демультимплексування засноване на комбінованих або розташованих послідовно один за одним вузькосмугових фільтрах. Зокрема, для фільтрації застосовують тонкоплівкові фільтри, волоконні або об'ємні брегівські дифракційні решітки, зварні біконічні волоконні розгалужувачі, фільтри на основі рідких кристалів, пристрої інтегральної оптики (матриці фазових хвилеводних дифракційних решіток або фазари).

Оптичні регенератори використовуються для відновлення форми групового сигналу, придушення джиттера і поліпшення співвідношення сигнал/шум. З цією метою використовується перетворення «О-Е-О». Груповий сигнал на вході REG перетворюється в електричну форму, проводиться 3R-відновлення форми сигналу, і далі він знову перетворюється в оптичну форму. Регенератор будується на базі двох OTM-мультиплексорів, що включені за схемою «back-to-back» («спина-до-спини») через транспондери. Така конфігурація дозволяє здійснювати введення/виведення всіх оптичних каналів.

Для підсилення групового сигналу застосовуються оптичні підсилювачі, які його підсилюють без відновлення форми. У разі передачі інформації на великі відстані підсилювачі оснащують функцією еквалайзера – вирівнювання потужності оптичних каналів. У міських умовах функція еквалайзера не використовується, і це зменшує вартість підсилювача. ОП є найбільш дешевим вузлом обладнання DWDM (в порівнянні з OTM-мультиплексором і регенератором).

Нині, в мережах DWDM найбільше поширення отримали підсилювачі EDFA, які в межах робочого діапазону (40 нм) мають типовий коефіцієнт підсилення 25-40 дБ для слабких сигналів.

На проміжних вузлах транспортної мережі досить часто потрібно додати в груповий сигнал або виділити з нього один або кілька каналів, не змінюючи при цьому всю структуру сигналу. Для цього застосовують мультиплексори введення/виведення (OADM). OADM будується на базі ОП, в який додається пасивна оптична плата, що дозволяє здійснити введення/виведення обмеженого числа оптичних каналів з фіксованими довжинами хвиль. Вона являє собою брегівську решітку з періодичними змінами індексу заломлення, що досягаються за рахунок насічок на оптоволоконному кабелі, зроблених за допомогою ультрафіолетового випромінювання. OADM-мультиплексор на базі брегівських решіток дозволяє здійснювати введення-виведення від 1 до 12 оптичних каналів. Для інших каналів він працює як підсилювач.

Якісні показники роботи DWDM мережі безпосередньо залежать від правильного вибору мультиплекуючого обладнання (ОМ/ОД, OADM), а також ОП, що використовуються. У свою чергу ефективність, надійність і якість роботи перерахованого вище обладнання транспортної мережі DWDM багато в чому визначається технологічними рішеннями їх виготовлення і принципами обробки оптичних інформаційних потоків. Зокрема, всі функціональні пристрої і елементи мережі, мають однаково обробляти всі канали по всій довжині оптичного шляху волоконно-оптичної лінії зв'язку (ВОЛЗ). Для цього потрібно проводити їх ретельний вибір, який багато в чому визначається не тільки

паспортними даними та характеристиками, але й технологічними рішеннями виготовлення компонентів і обладнання, а також методами і фізичними принципами обробки оптичних інформаційних потоків.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Телекомунікаційні системи та мережі. Том 1. Структура й основні функції. / Поповський В.В, Лемешко О.В.; Ковальчук В.К.; Плотніков М.Д.; Картушин Ю.П.; Попонін О.М.; Агєєв Д.В.; Сабурова С.О., Олійник В.Ф., Персіков А.В.; Лошаков В.А. Селіванов К.О. // ТОВ «Компанія СМІТ». ХНУР. – 2020. <https://www.znanius.com/3533.html> (електронний підручник)

2. Розорінов Г.М. Високошвидкісні волоконно-оптичні лінії зв'язку: навч. посіб. / Г.М. Розорінов, Д.О. Соловійов. – 2-е вид., перероб. і допов. – К.: Кафедра, 2022. – 344 с.

3. Соломенчук В.Д., Міщенко В.А., Гура К.Н. Оптичні транспортні мережі/В.Д. Соломенчук, В.О. Міщенко, К.М. Гура. – Київ: Центр післядипломної освіти ПАТ «Укртелеком», 2014. – 294 с.

4. Мультимедійні інформаційні системи (МІС). Оптичні мережі спектрального ущільнення (WDM) [Електронний ресурс] // О. Шалагінов. - 2018 - Режим доступу до ресурсу: [https://shalaginov.files.wordpress.com/2018/12/20181126\\_d0bcd0b8d181-d181d0b8d181d182d0b5d0bcd18b-d0d0bfd182d0b8d187d0b5d181d0bad0bd0b9-d181d0b2d18fd0b7d0b8-4.pdf](https://shalaginov.files.wordpress.com/2018/12/20181126_d0bcd0b8d181-d181d0b8d181d182d0b5d0bcd18b-d0d0bfd182d0b8d187d0b5d181d0bad0bd0b9-d181d0b2d18fd0b7d0b8-4.pdf).

### RESEARCH OF THE TECHNOLOGICAL MODEL OF THE ORGANIZATION OF THE OTN DWDM TRACTS

*O. Dryuchko, PhD, Associate Professor,*

*O. Sukhorebriy, Student,*

*O. Kudenko, Student*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 681.3.06**

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент,*

*С.І. Демус, аспірантка*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### РОЗВИТОК МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ МАЙБУТНЬОГО ПОКОЛІННЯ

На сьогоднішній день триває активне зростання мереж мобільного зв'язку. Можливості, що відкриваються мобільними технологіями, давно перейшли за рамки голосових послуг. Експоненціальне зростання трафіку в мережах по всьому світу пояснюється широким розповсюдженням пристроїв, підключених до мереж мобільного зв'язку.

В процесі розвитку мобільних мереж до них пред'являються нові і самі різні вимоги. Вектор розвитку технологій прагне до збільшення продуктивності і зростання числа можливостей. Тож до існуючих технологій третього і четвертого поколінь, з'явилась технологія, що дозволяє вирішувати ті завдання, які в рамках попередніх поколінь мобільного зв'язку вирішити було неможливо.

Грамотна інтеграція існуючих і нових технологій призведе до підвищення якості обслуговування і появи великої кількості нових послуг. Результатом розвитку технологій є поява мереж п'ятого покоління (5G). Вважається, що мережі четвертого покоління (4G) будуть домінуючими в усьому світі і після 2020 року, через що можна говорити не про заміну існуючих технологій на 5G, а про їх розвиток і доповнення новими технологіями радіодоступу, призначеними для конкретних сценаріїв і певних цілей [1].

Очевидно, що поява мереж нового покоління по ряду причин має найбільшу актуальність в великих містах. Це пов'язано з високими запитами по швидкості передачі даних, пропускну здатності, місткості мережі, а також з вимогами до малого часу відгуку і низькому енергоспоживанню мобільних пристроїв.

5G – це справді революційна технологія в сфері мобільних послуг, що здатна забезпечувати дуже велику кількість користувачів та пристроїв високошвидкісним мобільним підключенням з вкрай малими затримками, що дозволить багатьом галузям нашого життя зробити якісний стрибок в напрямку автоматизації виробництва, створення «розумних» міст з використанням технологій Інтернету Речей. Мережі нового покоління нададуть значно більше можливостей за своїх попередників, але вони мають і свої проблеми та недоліки, виправити які, а також надати можливість досягти високих показників швидкості, пропускну здатності, дуже малої затримки, а також підтримки великої кількості одночасно підключених девайсів та користувачів покликани сучасні технології та рішення, такі як Massive MIMO, безпосередня взаємодія пристроїв один з одним, перехід в сантиметровий та міліметровий діапазони та інші [2].

Задля поступового розгортання та впровадження мереж п'ятого покоління та з огляду на неминуче існування мереж 4G протягом тривалого часу, доцільно використовувати існуючі мережі попередніх поколінь, що дозволить довгий час співіснувати декільком поколінням мобільних технологій. Це дозволить використовувати широке покриття 4G та при цьому надавати нові можливості зацікавленим користувачам разом з поступовим впровадженням мереж нового типу [3].

В Україні 5G також може сприяти економічному відновленню: приватні 5G-мережі можна застосовувати в промисловості, на будівництвах, у транспорті й на громадських об'єктах, забезпечуючи масштабне використання інтернету речей (IoT) — від окремих будівель до цілих міст. Це здешевить і прискорить робочі процеси, що сприятиме модернізації ключових галузей країни.

З огляду на прагнення України до цифрової інтеграції з Європою та зростання міжнародної підтримки, 5G може стати важливим фактором для стабільного і конкурентного розвитку країни. Починаючи з 2023 року процеси

зближення України та ЄС у секторі електронних комунікацій (йдеться про так званий «цифровий безвіз») істотно поживалися. Також активізувалася у цьому напрямку і взаємодія з деякими державами. Наразі триває робота з імплементації в Україні Європейського кодексу електронних комунікацій [4].

Тож технологія 5G відкриває нові можливості для економічного розвитку та технологічної модернізації. В Україні її впровадження вже розпочинається через пілотні проекти, які з часом охоплюють більше галузей і регіонів. Водночас міжнародний досвід показує, що успішний розвиток 5G потребує не лише технічної інфраструктури, а й стратегії на рівні держави та підтримки бізнесу. Впровадження 5G стане важливим кроком для інтеграції України в цифровий простір Європи та зміцнення її позицій у світовій економіці.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Zhang L., Zhao G., Imran M.A. (eds.) *Internet of Things and Sensors Networks in 5G Wireless Communications*
2. Ge Xiaohu, Zhang Wuxiong. *5G Green Mobile Communication Networks*
3. Yang Yang, Xu Jing, Shi Guang, Wang Cheng-Xiang. *5G Wireless Systems: Simulation and Evaluation Techniques*
4. Україна на порозі 5G: що змінить зв'язок нового покоління <https://fact-news.com.ua/ukraina-na-porozi-5g-scho-zminit-zv-yazok-novogo-pokolinnya>

### DEVELOPMENT OF COMMUNICATION NETWORKS OF THE FUTURE GENERATION

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*S. Demus, Postgraduate Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.34**

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*І.П. Плюйко, аспірант,*

*Я.О. Зоць, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ПРИНЦИПИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ ІНФОКОМУНІКАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВІД ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВПЛИВІВ

Комплекси захисту від потужних електромагнітних впливів відіграють суттєву роль як на полі бою, так і у мирному житті суспільства. Вони використовуються для захисту критичних об'єктів (наприклад, атомних станцій та гідротехнічних споруд), різних підприємств стратегічного значення або важливих міжнародних зустрічей [1]. Також деякі комплекси захисту допомагають цивільній авіації та судноплавству, виступаючи як навігаційне спорядження [2].

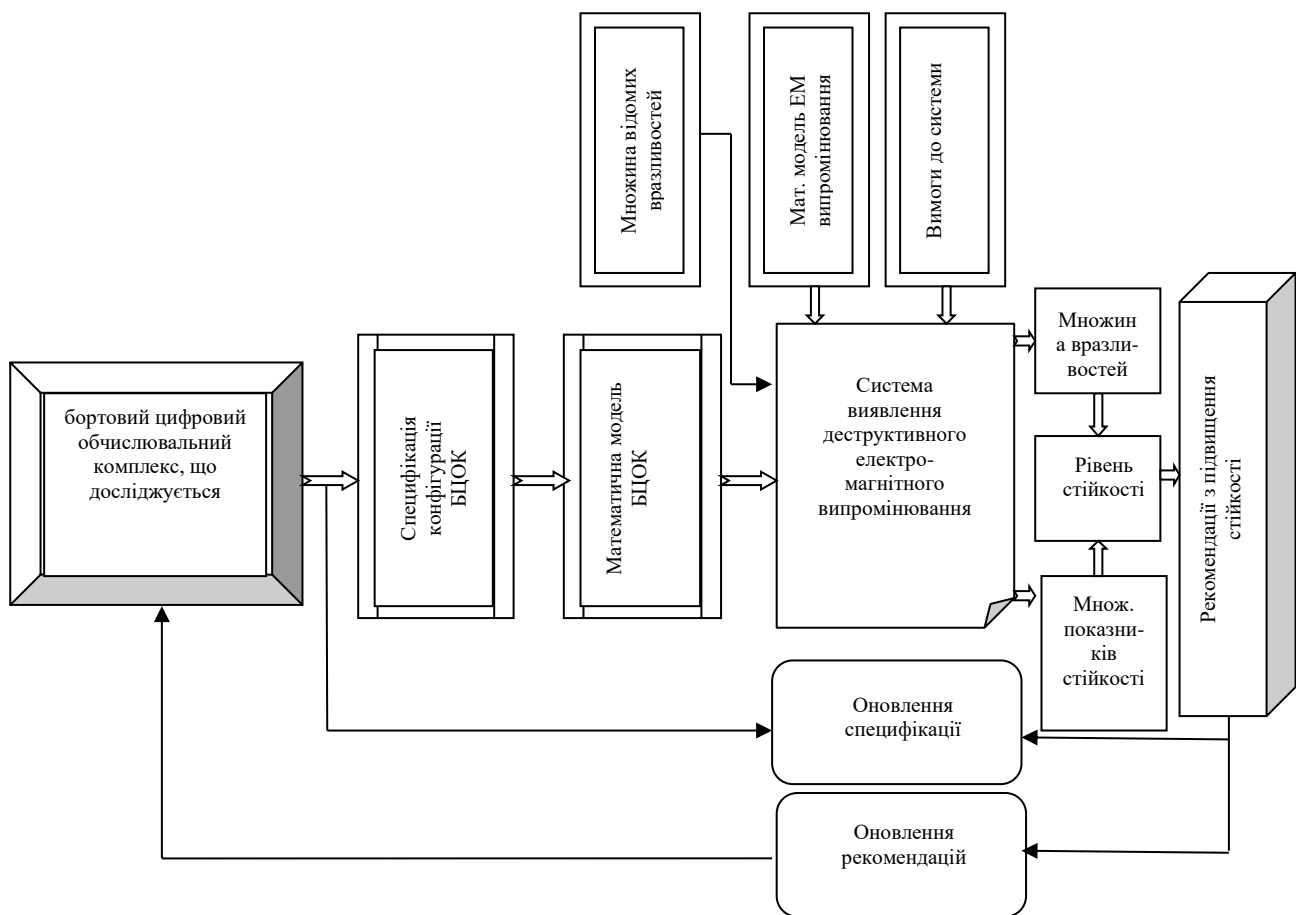


Рис. 1. Функціональна схема аналітичної інтелектуальної системи оцінки стійкості (AICO) до електромагнітного випромінювання

Останнім часом необхідність забезпечення захищеності елементів та вузлів інфокомунікаційних систем від потужних електромагнітних випромінювань стає обов'язковою умовою під час проектування багатьох об'єктів. Таку вимогу диктують новітні досягнення в галузі генерації надпотужних широкосмугових електромагнітних полів, а також наявні у багатьох складних технічних системах значні за довжиною розподілені кабельні мережі.

При системному підході до конструювання інфокомунікаційних систем ведеться пошук оптимальних варіантів з урахуванням усіх факторів, що визначають стійкість та якість останніх.

До цих факторів належать:

- елементна база;
- конструкційні матеріали;
- види електричних з'єднань;
- способи досягнення механічної міцності тощо.

При системному підході до конструювання необхідно враховувати обмеження, що накладаються умовами експлуатації, технологічністю схеми та конструкції, надійністю та ін.

У процесі проведення аналітичних досліджень побудована функціональна схема аналітичної інтелектуальної системи оцінки стійкості (АІСО) до електромагнітного випромінювання (рис.1).

При цьому АІСО повинна здійснювати аналіз та оцінку стійкості до деструктивного впливу використовуючи підхід, який ґрунтується на аналізі математичної моделі при побудові якої в якості бази прийнято набір специфікацій, що описують конфігурацію мережі (топологію, склад програмного забезпечення та апаратних засобів) та апаратні та програмні засоби, що реалізуються в ній і виявлення деструктивних дій.

У процесі функціонування АІСО має проводити аналіз сценаріїв поведінки під час впливу на його елементи та вузли, з урахуванням моделей, на всьому діапазоні частот, здійснювати розрахунок цільових показників, що характеризують стійкість інфокомунікаційні системи в цілому та її окремих підсистем.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Теорія електромагнітного поля і основи техніки НВЧ: навч. посіб. / С.В. Соколов, Л.Д. Писаренко, В.О. Журба; за заг. ред. Г.С. Воробйова. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 393 с.*

2. *Gao, J. Yang, D. Huang, H. Liu, S. Liu, Experimental application of vibrational resonance on bearing fault diagnosis. J. Braz. Soc. Mech. Sci. Eng. 41, 1 – 13 (2019).*

3. *Приймальні та експлуатаційні випробування електроустаткування: Навч.посібник / Уклад.: В.Б.Абрамов, В.О.Бржезицький, О.Р.Проценко, під ред. Бржезицького В.О. – К.:НТУУ «КПІ», 2015. – 235 с.*

### PRINCIPLES OF PROTECTING INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEMS FROM EXTERNAL ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*I. Pliuiko, PhD Student,*

*Ya. Zots, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 681.3.06**

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент,*

*Н.М. Слепченко, аспірантка*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ЗАСОБИ АНАЛІЗУ ТА ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОКАЛЬНИХ МЕРЕЖ

Високі темпи розвитку сучасних технічних і програмних засобів, а також проблеми, що існують практично в кожній організації, пов'язані з постійним збільшенням обсягів оброблюваної інформації, призводять до необхідності створення системи інтегрованого мережевого управління, що забезпечує

вирішення комплексу завдань, спрямованих на оптимізацію функціонування мережі та її гармонійний розвиток.

Під оптимізацією функціонування мережі розуміється поєднання аналізу (вимірювання, діагностика та локалізація помилок) та синтезу (ухвалення рішення про те, які зміни треба внести в роботу мережі, щоб підвищити ефективність її роботи). Як основні завдання оптимізації мереж розглядаються: визначення критеріїв ефективності роботи мережі; визначення безлічі параметрів мережі, що варіюються, прямо або опосередковано впливають на критерії ефективності; визначення порога чутливості для значень критерію ефективності.

При цьому пропонуються три різні трактування задачі оптимізації: приведення мережі в будь-який працездатний стан; грубе налаштування - вибір параметрів, що різко впливають на характеристики (надійність, продуктивність) мережі; тонка настройка параметрів мережі (власне оптимізація). Всі найчастіше використовувані критерії ефективності роботи мережі можуть бути поділені на дві групи. Одна група характеризує продуктивність роботи мережі, друга – надійність.

Продуктивність мережі вимірюється за допомогою показників двох типів - часових, що оцінюють затримку, що вноситься мережею при виконанні обміну даними, наприклад, час реакції, та показників пропускної здатності, що відображають кількість інформації, переданої мережею в одиницю часу. Існує велика кількість варіантів визначення показників пропускної спроможності, які можуть відрізнитися один від одного обраною одиницею вимірювання кількості інформації, що передається, характером врахованих даних, кількістю точок вимірювання переданого трафіку, способом усереднення результатів на мережу в цілому. Група критеріїв надійності має три складові: власне надійність, готовність та зручність обслуговування. Надійність вимірюється інтенсивністю відмов та середнім часом напрацювання на відмову. Критерієм оцінки готовності є коефіцієнт готовності, який дорівнює частці перебування системи у працездатному стані і може інтерпретуватися як ймовірність знаходження системи у працездатному стані [1].

На вибраний критерій оптимізації мережі впливає багато параметрів різних типів. Найбільшою мірою на продуктивність мережі впливають: використовувані комунікаційні протоколи та їх параметри, наприклад: номінальна та ефективна пропускна спроможність протоколу, розмір та час життя пакету, параметри квітування; конфігурація програмного та апаратного забезпечення кінцевих вузлів; топологія мережі та використовуване комунікаційне обладнання. Багато параметрів оптимізації можна розділити на дві групи: параметри оптимізації транспортної підсистеми; параметри оптимізації прикладної підсистеми. Визначальний вплив на продуктивність мережі має перша група параметрів [2].

Другій групі параметрів приділяється не так багато уваги. Однак їх не можна недооцінювати. Наприклад, неправильна робота будь-якого мережного сервісу може повністю паралізувати роботу мережі.

Вирішуючи завдання оптимізації прикладної підсистеми, потрібно враховувати особливості кожного з мережесервісів, що надаються

користувачам, а також їх взаємний вплив один на одного. Наприклад, від якості роботи інфраструктурних сервісів залежить робота інформаційних сервісів. Також у моменти перевантаження каналів зв'язку деякі послуги виявляються більш уразливими у разі численних обривів ТСП-з'єднань [2]. Прикладом може бути електронна пошта: у разі обриву з'єднання в процесі пересилання листа, поштова система намагатиметься переслати цей лист із початку. Це може призвести до ще більшого завантаження каналів зв'язку і як наслідок до зупинки в роботі поштового, а також решти сервісів.

Загалом, вже перші етапи розробки системи мережевого управління показали правильність визначення викладених принципів та підходів до її побудови. Слід зазначити також, що використання систем мережевого управління, розроблених відповідно до викладеної методології, є необхідною умовою підвищення ефективності функціонування мереж [3].

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Лунтовський А. О. *Проектування та дослідження комп'ютерних мереж :навч. посіб. (гриф МОН) / А. О. Лунтовський, І. В. Мельник – Київ: Лура, 2010. – 361 с.*
2. *Методи аналізу та моделювання безпеки розподілених інформаційних систем: навч. посіб. / В.В. Литвинов, В.В. Казимир, І.В. Стеценко та ін. – Чернігів: Чернігівський національний технологічний університет, 2016. – 254 с.*
3. *Bashar, Mesfer. Optimization in Computer Networks and Cybersecurity: Ensuring Efficiency and Safety. Global J Technol Optim, 14 (2023): 333. DOI: 10.37421/2229-8711.2023.14.333*

### TOOLS FOR ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF LOCAL NETWORKS

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*N. Slepchenko, Postgraduate Student*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 621.391**

*С.С. Удовик, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ Li-Fi ДЛЯ ПОБУДОВИ БЕЗПРОВОДОВОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

Li-Fi — це інноваційна технологія бездротової передачі даних, яка використовує видиме світло для зв'язку між пристроями. Основою її роботи є світлодіоди, які передають дані за допомогою високочастотних імпульсів, що залишаються непомітними для людського ока. Ця технологія відзначається низкою переваг, таких як висока швидкість передачі даних, відсутність радіоперешкод та природна захищеність сигналу. Однак вона має й певні

обмеження, зокрема залежність від прямої видимості та інтенсивності світла. Завдяки своїм унікальним характеристикам Li-Fi знаходить застосування у сферах, де радіочастотний зв'язок обмежений або небажаний, таких як медицина, авіація та наукові дослідження.

Порівняння Li-Fi та Wi-Fi показує, що обидві технології мають свої сильні сторони, залежно від умов використання. Wi-Fi забезпечує широкий радіус дії та стабільне з'єднання через радіохвилі, тоді як Li-Fi пропонує значно вищу швидкість передачі даних та природний захист від перехоплення сигналу. Однак Wi-Fi залишається вразливим до радіоперешкод та потребує додаткових заходів для забезпечення безпеки, тоді як Li-Fi обмежується зоною прямої видимості та залежить від умов освітлення. Ці особливості роблять Wi-Fi універсальним для широкого спектра середовищ, тоді як Li-Fi більше підходить для зон із підвищеними вимогами до безпеки й конфіденційності.

Практичне дослідження передбачало проектування мережі Li-Fi для підприємства, яке потребує високої швидкості, надійності та безпеки передачі даних. Розробка мережі на основі Li-Fi для підприємства передбачала врахування високих вимог до швидкості передачі даних, безпеки інформації та надійності з'єднання. У межах проекту було розроблено схему розташування світлодіодних передавачів для забезпечення рівномірного покриття у робочих приміщеннях. Особливу увагу приділено забезпеченню прямої видимості між передавачами й приймачами, оскільки ця характеристика є критично важливою для ефективної роботи Li-Fi. Теоретичне тестування моделі показало, що мережа Li-Fi забезпечує високу швидкість передачі даних і природну захищеність, хоча її ефективність знижується за наявності фізичних перешкод. Аналіз результатів підтвердив доцільність використання Li-Fi у середовищах із високими вимогами до безпеки, за умови інтеграції з іншими технологіями для оптимального покриття.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. *Gado M. Li-Fi Technology for Indoor Access: Li-Fi / Mohamed Gado, Doaa Abd El-Moghith. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2015. – 200 с..*
2. *Dimitrov S., Haas H. Principles of LED Light Communications: Towards Networked Li-Fi / Svilen Dimitrov, Harald Haas. – Cambridge University Press, 2015. – 224 pages..*
3. *Benslama M., Mokhtari H. Compressed Sensing in Li-Fi and Wi-Fi Networks / Malek Benslama, Hatem Mokhtari. – ISTE Press - Elsevier, 2017. – 284 pages.*

## RESEARCHING LI-FI TECHNOLOGY FOR BUILDING A WIRELESS ENTERPRISE NETWORK

*S. Udovyyk, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**UDC 621.396.96**

*I. Silin, Student,*

*V. Lysechko, Doctor of Technical Sciences, Professor  
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## **MODELS FOR DESCRIBING THE CONDITIONS OF RADIO WAVE PROPAGATION INSIDE BUILDINGS**

The problem of radio wave propagation inside buildings and premises has recently received much attention. This is primarily due to the creation of local information networks, as well as the need to provide reliable radio communication for employees of enterprises and institutions for operational management and security purposes. The presence of walls, partitions, furniture, electronic equipment, people and other objects inside a building creates a complex environment for radio wave propagation. The conditions for radio wave propagation inside buildings differ significantly from those in free space. The main effects observed in the propagation of radio waves indoors are multipath, caused by multiple reflections of radio waves from walls and other objects, diffraction on numerous sharp edges of objects located inside the room, and scattering of radio waves. These effects create a complex interference structure of the electromagnetic field, which changes greatly when people and other objects move around. Thus, the models used to describe the indoor communication channel differ from traditional mobile communication channel models in two aspects:

- the size of the coverage area is significantly smaller than in urban areas;
- radio wave propagation conditions are more diverse.

The propagation of radio waves inside buildings is mainly determined by the following parameters: building layout, construction materials, and building type.

The main phenomena of propagation inside buildings are the same as in urban areas, namely: reflection, diffraction, absorption, scattering.

The signal strength depends on whether the doors in the rooms are open or closed, and on where the antennas are located (at table level or under the ceiling). There are many walls and partitions inside houses, various objects that significantly affect the formation of the electromagnetic field structure both inside and outside the house.

Usually, walls and partitions inside buildings are divided into two types:

- "hard" walls that are part of the building structure;
- "soft" walls - partitions that can be moved. As a rule, the height of these partitions is less than the height of the walls in the room.

Walls and partitions inside buildings are usually made of different building materials with different electrical properties. This makes it difficult to create a general model suitable for use in different types of buildings.

The attenuation during propagation between different floors is determined by

- the external dimensions and material of the building;
- the design of the floors;
- external environment;
- the number of windows in the building and the nature of the wall surface.

Taking into account the above models for describing the conditions of radio wave propagation inside buildings makes it possible to plan a wireless access network with maximum efficiency.

## **МОДЕЛІ ОПИСУ УМОВ ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ УСЕРЕДИНІ БУДІВЕЛЬ**

*І. Сілін, студент,*

*В. Лисечко, д.т.н., професор*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

**УДК 621.395.721**

*С.В. Індик, к.т.н., доцент,*

*В.О. Михайленко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІРТУАЛЬНИХ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ІР ТЕЛЕФОНІЇ**

Традиційно телефонні мережі базуються на аналогових або цифрових технологіях комутації каналів, де кожен виклик або з'єднання вимагає виділення певного фізичного каналу для обміну інформацією між абонентами. Це забезпечує високу якість зв'язку, але водночас вимагає значних витрат на підтримку інфраструктури. ІР телефонія, у свою чергу, використовує метод комутації пакетів, при якому голосові дані перетворюються на цифрові пакети і передаються через глобальну мережу Інтернет або інші ІР-мережі, що дозволяє знижувати витрати на зв'язок і зручніше масштабувати мережу.

Перехід від традиційної телефонної мережі до ІР телефонії пов'язаний із заміною фізичних ліній на логічні канали, які передають голосові дані у вигляді пакетів. Це знижує витрати на обслуговування та дозволяє інтегрувати різні мультимедійні сервіси, такі як відеозв'язок та передавання даних, в одну мережу. Перевагою є також можливість забезпечити якість обслуговування, керуючи пропускнуою здатністю і мінімізуючи затримки при передачі даних.

Мережі на основі технології ІР телефонії мають різноманітну архітектуру, що включає SIP сервери, шлюзи, телефонні апарати та інше. Основними перевагами є гнучкість у налаштуваннях і масштабуванні, а також можливість інтеграції з різноманітними корпоративними мережами, у яких відбувається обмін миттєвими повідомленнями або відеоконференції. ІР телефонія дозволяє об'єднувати голосові виклики, передавання даних і відео в одному сервісі, що зменшує потребу в фізичних мережах.

Для забезпечення високої якості обслуговування в мережах ІР телефонії важливою є методика управління пропускнуою здатністю. Ключовими параметрами є мінімізація затримок і забезпечення стабільності з'єднань. Для точного визначення загальної затримки в мережі ІР телефонії була створена

математична модель, яка враховує основні компоненти затримок. Ця модель інтегрує затримки, що виникають через кодек, інкапсуляцію пакетів, компенсацію джиттера та інші фактори, що можуть вплинути на якість зв'язку. Така модель дозволяє провести точні розрахунки і забезпечити оптимальне проектування мережі.

Впровадження віртуальної телекомунікаційної мережі на основі IP телефонії дозволяє не тільки знизити витрати на інфраструктуру, але й підвищити рівень гнучкості та якості обслуговування. Важливими аспектами є правильний розрахунок параметрів мережі та забезпечення якості зв'язку, що досягається через використання сучасних методів управління трафіком. Технології IP телефонії продовжують розвиватися та мають потенціал щодо підвищення ефективності комунікацій та інтеграції з різноманітними сервісами.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Hartsfield, Bruce. Packet Guide to Voice Over IP. Sebastopol: O'Reilly Media, 2013.*
2. *Cramer, Oliver. VoIP: Voice Over Internet Protocol Architecture and Features. Berlin: Springer, 2011.*
3. *Van Meggelen, Jim, Leif Madsen, and Jared Smith. Asterisk: The Future of Telephony. 2nd ed., Sebastopol: O'Reilly Media, 2007.*

### PROSPECTS FOR THE IMPLEMENTATION OF VIRTUAL TELECOMMUNICATION NETWORKS BASED ON IP TELEPHONY TECHNOLOGY

*S. Indyk, PhD, Associate Professor,*

*V. Mykhailenko, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.865.8**

*М.М. Губіцький, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА МЕХАНІЗМУ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ЦЕГЛИ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА

Основними напрямками підвищення ефективності виробництва є зростання продуктивності праці та поліпшення якості продукції, використання новітнього технологічного обладнання, оновлення виробничого апарату, зниження ручної праці тощо [1]. В Україні є багато підприємств, що експлуатують промислових роботів на різних ділянках технологічного процесу. До введення в експлуатацію автомата – механізму перевантаження цегли, укладання відпресованої цегли-сирцю на випалювальні вагонетки проводилася вручну (або із застосуванням



спектр технологій [3]. Він оснащується захватним пристроєм, за допомогою робочих механізмів котрого відбувається захват продукції і її утримання під час транспортування. Сам промисловий робот при цьому виконує роль маніпулятора, що здійснює запрограмований рух. Промислові роботи можуть використовуватися не тільки при палетуванні цегли, за тим же принципом здійснюється й укладання продукції або обслуговування транспортних систем і технологій при виробництві всього спектра будівельної кераміки: черепиця, елементи трубних систем, блоки та ін. Вантажопідйомність робота середнього типорозміру знаходиться в значеннях 150-450 кг. Механізм перевантаження на базі промислового робота може також виконувати операції установки транспортного піддону в позицію, укладання гофрокартону як матеріалу прокладки шару, допоміжні операції підрахунку кількості, маси продукції на піддоні та ін.

Таким чином, можна зробити висновок, що на сьогоднішній день перспективність застосування промислових роботів в технологіях виробництва будівельної кераміки є безперечною і актуальною.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Сучасні технології та тренди у виробництві цегли [Електронний ресурс] // Євротон: клінкерна цегла. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <https://euroton.com.ua/>.*
2. *Алексієв В.О., Волков В.П., Калмиков В.І. Мехатроніка транспортних засобів та систем. – Харків: ХНАДУ, 2004. – 176 с.*
3. *Цвіркун Л.І. Робототехніка та мехатроніка: навч. посіб. / Л.І. Цвіркун, Г. Грулер ; під заг. ред. Л.І. Цвіркуна ; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – 3-тє вид., переробл. і доповн. – Дніпро: НГУ, 2017. – 224 с.*

#### MODERNIZATION OF THE ELECTRIC DRIVE MECHANISM FOR LOADING BRICKS BY IMPLEMENTING INDUSTRIAL WORK

*M. Gubitsky, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.9**

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент,*

*А.І. Остапенко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

#### ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМІВ УПРАВЛІННЯ СИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

Для дослідження розроблених алгоритмів управління синхронним двигуном з постійними магнітами (СДПМ), та порівняння їх з такими відомими способами як пряме управління моментом та векторне управління, були

розроблені комп'ютерні моделі систем електроприводу, реалізовані в середовищі Matlab Simulink. У моделі двигуна були використані наступні параметри двигуна:  $R_1=0.55$  Ом,  $L_1=0.00625$  Гн,  $\Psi_2=0.1727$  Вб,  $z_{п}=3$ ,  $J=0.00017428$  кг·м<sup>2</sup>.

Для наближення роботи моделі до реальних умов у ній вводилися часові затримки, що відбивають час дискретизації притаманний реальним цифровим системам управління. Математична модель регульованого електроприводу на базі синхронного двигуна з постійними магнітами при формуванні напруги за допомогою ШІМ інвертора, реалізована в середовищі Matlab Simulink, представлена на рис. 1 у вигляді блок-схеми [1].

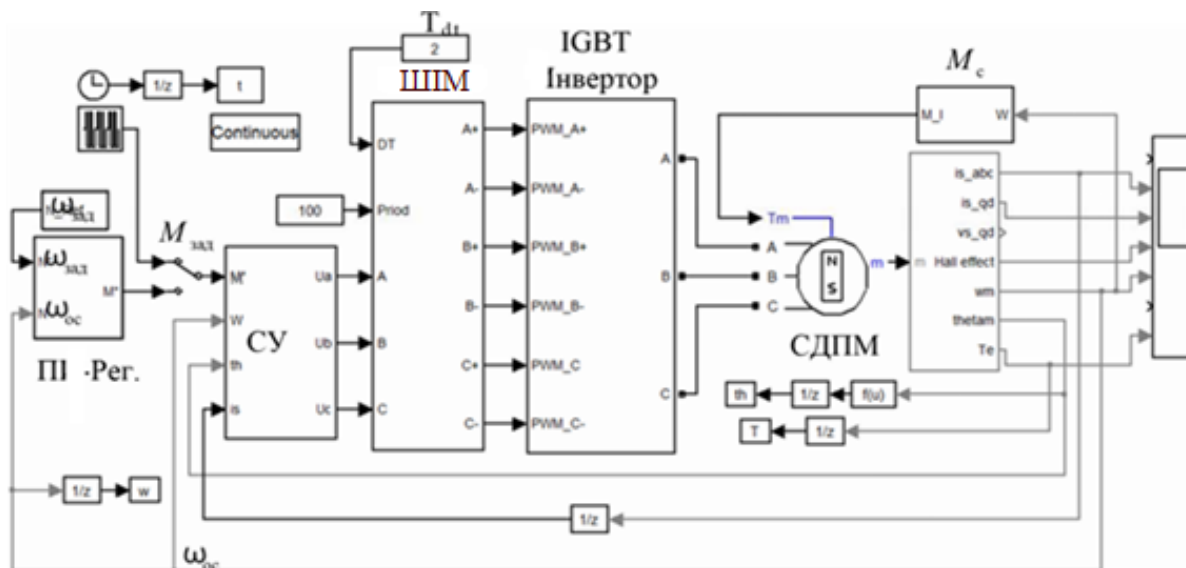


Рис. 1. Блок-схема електроприводу із СДПМ та ШІМ інвертором

Відмінність даної схеми реалізації різних законів управління полягає у відмінностях алгоритмів, реалізованих системою управління (СУ). В результаті дослідження розроблених алгоритмів управління аналізувалися динамічні та статичні характеристики електроприводу, реакція системи на зміну завдання електромагнітного моменту та зміни навантаження.

Моделювання електроприводу з СДПМ та даним алгоритмом управління проводилися для різних умов. Аналіз результатів показує, що електропривод досить швидко відпрацьовує зміни завдання моменту. При зміні знаку моменту час перехідного процесу становить близько 200 мкс. Зміни електромагнітного моменту при цьому практично не впливають на амплітуду магнітного потоку статора.

Пульсації модулів векторів струму і потокозчеплення статора при роботі з максимальним моментом практично відсутні, проте при роботі з швидкістю пульсації, що встановилася, збільшуються. Це пов'язано з тим, що регулятор швидкості формує на регулятор моменту пульсуюче завдання, яке відпрацьовує регулятор моменту, і яке відбивається в пульсаціях статора [2].

Аналіз роботи електроприводу з регулятором швидкості на холостому ході, а також під навантаженням показали хороші якісні показники регулювання швидкості, що говорить про те, що середнє значення моменту відповідає заданому значенню, але при цьому є суттєві пульсації струму, і як наслідок моменту та потокозчеплення.

Таким чином, для зменшення пульсацій електромагнітного моменту необхідно використовувати системи з ШІМ інвертором, що дозволяє регулювати амплітуду вектору напруги, або підвищувати частоту дискретизації при використанні систем управління, що формують амплітуду вектору напруги на граничних значеннях.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Голодний І.М., Червінський Л.С., Жильцов А.В., Санченко О.В. Романенко О.І. Г. *Моделювання регульованого електропривода: Підручник.* – К.: Аграр Медіа Груп, 2019. – 266 с.

2. Пушкар, М.С. *Проектування систем автоматизації [Текст]: навч. посібник / М.С. Пушкар, С.М. Проценко –Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.*

### STUDY OF CONTROL ALGORITHMS OF A PERMANENT MAGNET SYNCHRONOUS MOTOR

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*A. Ostapenko, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 681.7.068**

*О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент,*

*Б.С. Гребенюк, студент,*

*Д.А. Погрібняченко, студент,*

*Д.О. Фещенко, студент,*

*Р.А. Белей, студент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ФІЗИЧНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ПЕРЕДАЧІ ОПТИЧНИХ СИГНАЛІВ

Поширення оптичних електромагнітних хвиль може відбуватися у різних фізичних середовищах: в атмосфері, в волоконних світловодах, виконаних з різних матеріалів (скла, напівпровідників, пластмас), в інтегральних хвилеводах мікросхем, в ближньому і дальньому космосі. Для реалізації систем передачі найбільший інтерес становлять такі фізичні середовища як скляні та напівпровідникові волокна, хвилеводи мікросхем та атмосфера Землі. У роботі

розглядаються показники і залежності найважливіших характеристик середовищ поширення оптичних випромінювань для телекомунікацій.

Показник заломлення середовища, сенс якого пояснює співвідношення:  $n = \sqrt{\epsilon \cdot \mu}$ , де  $\epsilon$  і  $\mu$  - показники діелектричної та магнітної проникності середовища. Значення  $n$  будь-якої речовини завжди більше 1, по-скільки швидкість поширення оптичних хвиль  $v$  завжди менше в середовищі в порівнянні з вакуумом.

Залежність показника заломлення від довжини хвилі випромінювання  $n(\lambda)$  характеризує дисперсію фазових швидкостей поширення світла у речовині (рис. 1):

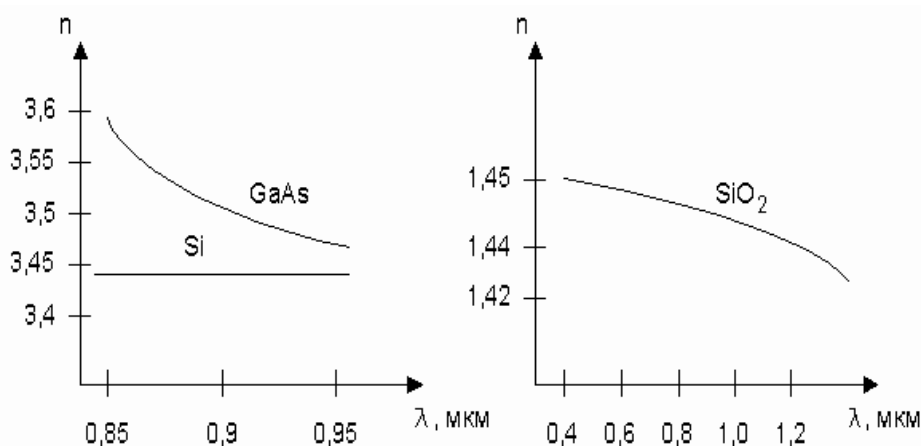


Рис. 1. Залежність показника заломлення від довжини хвилі випромінювання  $n(\lambda)$

Нелінійна залежність показника заломлення від величини потужності оптичного випромінювання (квадратична, кубічна) обумовлена властивостями деяких середовищ за високої густині потужності світлового потоку ( $10^7 \dots 10^9$  Вт/см<sup>2</sup>). Така густина потужності зазвичай створюється лазерними джерелами когерентного випромінювання.

Поглинання оптичного випромінювання у матеріалах зумовлено квантовими переходами між різними молекулярними рівнями речовини. Наприклад, у склі (SiO<sub>2</sub>) пік поглинання припадає на довжину хвилі 9,2 мкм, проте його "хвіст" тягнеться до діапазону 0,8 - 1,6 мкм. Крім того, у скляних волокнах велику роль відіграють домішки гідроксильних іонів OH<sup>-</sup>, перехідних металів Fe, Ni, Cr, V, Cu, які призводять до великої нерівномірності характеристики загасання.

Розсіювання оптичного випромінювання може відбуватися на малих неоднорідностях матеріалів, розміри яких можна порівняти з довжиною оптичної хвилі, у тому числі на малих вигинах хвилеводів. Характеристика загасання скловолокна через поглинання та розсіювання має характер "вікон прозорості" з обмеженими діапазонами частот, які рекомендовані для систем передачі. При цьому параметри загасання нормовані для застосування в СП.

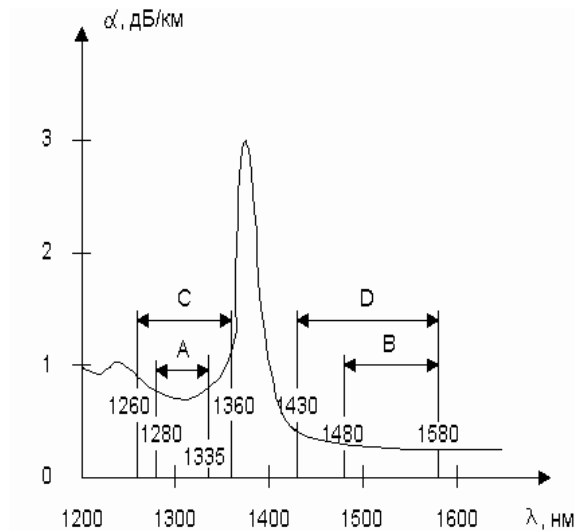


Рис. 2. Характеристика загасання скловолокна через поглинання та розсіювання

Діапазони А та В призначені для довгих ліній, діапазони С та D – для середніх та коротких ліній.

Для волоконних світловодів з покращеними характеристиками (скловолокна G.652, без "водяних піків" та домішкового поглинання), визначено оптичні діапазони хвиль передачі

О – діапазон	1260-1360 нм	Основний
Е – діапазон	1360-1460 нм	Розширений
S – діапазон	1460-1530 нм	Короткохвильовий
С – діапазон	1530-1565 нм	Стандартний
L – діапазон	1565-1625 нм	Довгохвильовий

Поширення оптичного випромінювання в атмосфері супроводжується двома істотними для оптичної лінії зв'язку процесами: флуктуаціями сигналу, що приймається, через рефракцію випромінювання на турбулентних неоднорідностях повітря і аерозольними розсіюванням і поглинанням на частинках дощу, туману, снігу, промислових викидів. Крім того, поглинання випромінювання в атмосфері залежить від довжини хвилі, і ця залежність має характер вікон прозорості. Поглинання світла атмосферою залежить і від вмісту в ній водяної пари та вуглекислого газу вздовж шляху поширення світлової хвилі, концентрація яких у свою чергу залежить від вологості повітря та висоти.

Конструкції оптичних хвилеводів та оптичні характеристики матеріалів хвилеводів визначають цілу низку параметрів середовищ передачі оптичних сигналів: апертуру введення випромінювань у хвилевод; модовий спектр хвилеводу; загасання; дисперсійні спотворення оптичних імпульсів, що виникають через різну швидкість поширення спектральних компонентів у хвилеводі, поляризаційну чутливість.

Величину дисперсії оцінюють квадратичною різницею  $\tau = \sqrt{t_{\text{вих}}^2 - t_{\text{вх}}^2}$ .

Причинами дисперсії в оптоволокну прийнято вважати:

- відмінність швидкості поширення світлових мод, що утворюють міжмодову дисперсію ( $\tau_{\text{мм}}$ );
- напрямні властивості оптичного хвилеводу, що утворюють хвилеводну дисперсію ( $\tau_{\text{хв}}$ );
- властивості матеріалу оптоволокна, що створюють матеріальну дисперсію ( $\tau_{\text{м}}$ );
- відмінність швидкостей поширення двох взаємно перпендикулярних складових моди, обумовлених подвійним променезаломленням волокна, що утворює поляризаційну модову дисперсію ( $\tau_{\text{пм}}$ ).

Дисперсія має розмірність [нс/км]. Хвильова та матеріальна дисперсія утворюють хроматичну, що залежить від ширини спектру моди випромінювання. Тому хроматична дисперсія має розмірність [пс/нм×км], де нм – одиниця ширини спектра випромінювання.

У багатомодових волокнах переважно враховується  $\tau_{\text{мм}}$ .

В одномодових волокнах враховується сума  $\tau_{\text{хв}} + \tau_{\text{м}}$  і при високих швидкостях передачі даних (близько 10 Гбіт/с і вище) -  $\tau_{\text{пм}}$ . Однак сума  $\tau_{\text{хв}} + \tau_{\text{м}}$  може бути близькою до нуля, що обумовлено різним характером дисперсії, яка, в свою чергу, визначається конструкцією хвилеводу.

Дисперсія оптичних імпульсів у середовищі поширення може призвести до міжсимвольних завад у сигналах і спотворення повідомлень, що передаються, тому дисперсія у ВОЛЗ має нормовані значення для певних спектральних діапазонів. Це волоконні світловоди з нульовою дисперсією на хвилі 1310 нм (SM, за рекомендацією G.652), світловоди зі зміщеною (DS, за рекомендацією G.653) та зміщеною ненульовою дисперсією (NZDS, за рекомендаціями G.655, G.656): Tera Light, Pure Guide, E-LEAF, True Wave.

З іншими прикладами характеристик загасання та дисперсії волоконних світловодів можна детально ознайомитись у спеціалізованій літературі.

Нелінійно-оптичні ефекти середовищ поширення розглядаються як результат взаємодії оптичного випромінювання (оптичного поля) з безліччю атомів і молекул. Ці ефекти можуть призводити як до поглинання світлових хвиль та їх розсіювання, так і підсилення. Для підсилення світлових хвиль середовище поширення повинно мати інверсний (збуджений стан), в якому воно може віддавати частину своєї енергії світловому полю. Подібні середовища в техніці оптичних систем зв'язку є напівпровідникові і скловолоконні світловоди з рідкісноземельними домішками (іонами ербія Er, неодима Nd, празеодима Pr, тулію Tm).

І професійне, грамотне використання ТК засобів можливе тільки за умови глибокого розуміння розглянутих можливостей й обмежень фізичних середовищ передачі.

## **RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF PHYSICAL ENVIRONMENTS FOR TRANSMISSION OF OPTICAL SIGNALS**

*O. Dryuchko, PhD, Associate Professor,*

*B. Hrebennyuk, Student,*

*D. Pogribnyachenko, Student,  
D. Feshchenko, Student,  
R. Beley, Student  
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.865.8:004.896:658.78**

*В.М. Галай, к.т.н., доцент,  
Д.П. Плешкань, магістрант  
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО СОРТУВАННЯ ПОСИЛОК**

Автоматизація виробничих процесів передбачає заміну ручної праці автоматичними системами, що підвищує ефективність і продуктивність підприємств. Особливо актуальною автоматизація є в логістиці та складському господарстві, де автоматизовані системи сортування оптимізують операції, мінімізують людські помилки та забезпечують високу надійність робочих процесів [3].

Прогнозується, що світовий ринок автоматизованих систем сортування, з очікуваним зростанням на 8,8% протягом 2024–2034 років досягне \$21,7 млрд до 2034 року. Цей сектор швидко зростає через універсальність і адаптивність сортувальних конвеєрів, що дозволяє їм обробляти різноманітні види вантажу та відповідати специфічним вимогам різних галузей [1].

Одним із ключових рішень у автоматизованому сортуванні є використання алгоритмів на основі штучного інтелекту та машинного навчання. Ці алгоритми, зокрема для сортування об'єктів на конвеєрах, дозволяють здійснювати точне розпізнавання об'єктів та прийняття рішень у реальному часі, що значно підвищує ефективність. Наприклад, алгоритми обробки зображень, інтегровані зі сканерами та камерами, здатні розпізнавати типи товарів, їх розмір, вагу та навіть цінні характеристики (наприклад, крихкість або пріоритетність доставки). Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє системі вдосконалювати свої результати, пристосовуючись до різних об'єктів, що надходять на сортувальну лінію [2].

До поширених технологій, що використовуються для автоматизації сортування, відносяться стрічкові конвеєри, автоматизовані сканери, сортувальні модулі з висувними частинами та RFID-технології для ідентифікації посилок. RFID-мітки спрощують автоматичне зчитування та відстеження об'єктів без потреби в ручному скануванні, що мінімізує ризик помилок, скорочує час на обробку та дозволяє в реальному часі відстежувати розташування вантажів. Впровадження RFID-технологій у складські системи через інтеграцію з іншими технологіями є важливим аспектом розвитку сучасних складів. Системи управління складом (WMS), які лише відстежують матеріали, не забезпечують достатньої точності та оперативності в обробці замовлень. Для

вирішення цієї проблеми доцільно модернізувати WMS у систему, що підтримує ухвалення рішень. Важливим етапом є розширення можливостей відстеження з рівня продуктів до всього складу, перетворюючи його на «розумний» склад з функціями саморегуляції та автоматичного розподілу. Для цього пропонується використовувати систему на основі конвеєрів з управлінням через програмовані логічні контролери (PLC), що комунікують із сенсорами за допомогою локальної мережі. PLC можуть працювати паралельно з інтегрованими інтелектуальними модулями для забезпечення оптимальної роботи системи. [4, 5].

Інтеграція алгоритмів штучного інтелекту, роботизованих систем сортування та RFID-технологій у логістичні процеси дозволяє значно покращити ефективність та точність виконання завдань, забезпечуючи компаніям стабільність і зниження операційних витрат у довгостроковій перспективі.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Automated Sortation System Market* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/automated-sortation-system-market>.

2. *Which systems are used for goods sorting in the warehouse and how do you find the best solution?* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kapelou.com/blog/statti/systemy-sortuvannia-tovariv>.

3. *Автоматизація неперервних технологічних процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів.* – Тернопіль: ТДТУ ім. І.Пулюя, 2008. – 239с

4. *RFID technology applied in a warehouse and logistics* [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.ar-racking.com/en/blog/rfid-technology-applied-in-a-warehouse-and-logistics/>.

5. *Smart Warehouses: Rationale, Challenges and Solution Directions* [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: [https://www.researchgate.net/publication/357372387\\_Smart\\_Warehouses\\_Rationale\\_Challenges\\_and\\_Solution\\_Directions](https://www.researchgate.net/publication/357372387_Smart_Warehouses_Rationale_Challenges_and_Solution_Directions).

### DEVELOPMENT AND RESEARCH OF AN INTELLIGENT PARCEL SORTING ALGORITHM

*V. Halai, PhD, Associate Professor,*

*D. Pleshkan, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## **ВИКОРИСТАННЯ СИМУЛЯТОРА AWS СЕРВІСІВ LOCALSTACK ДЛЯ НАВЧАННЯ РОБОТИ З ХМАРНИМИ СЕРВІСАМИ ТА ІНФРАСТРУКТУРОЮ**

Хмарні технології стали невід'ємною частиною сучасної ІТ-індустрії, надаючи масштабовані рішення для обчислень, розгортання програм та зберігання даних. У зв'язку з цим вивчення принципів роботи хмарної платформи Amazon AWS, є важливим компонентом підготовки майбутніх ІТ-фахівців.

Попри значний потенціал, використання реальних хмарних платформ у навчальному процесі пов'язано з низкою викликів. Одним із основних бар'єрів є їх висока вартість. Крім того, складність початкового налаштування хмарної інфраструктури вимагає певного рівня підготовки. Ці виклики обмежують можливості використання реальних платформ для освітніх потреб. Одне з можливих рішень – це використання симуляторів хмарних сервісів.

LocalStack є потужним інструментом для локальної імітації сервісів хмарної платформи AWS. Цей симулятор дозволяє створювати та тестувати інфраструктуру та сервіси у контрольованому локальному середовищі без необхідності звертатися до реальної хмари, що значно спрощує процеси розробки та тестування. Його використання зменшує залежність від інтернет-з'єднання та дозволяє уникнути витрат, пов'язаних із реальним використанням ресурсів AWS.

LocalStack підтримує імітацію API та процесів управління ключових сервісів AWS, таких як EC2 для віртуальних машин, S3 для зберігання даних, DynamoDB для роботи з базами даних, Lambda для безсерверних обчислень, API Gateway та багато інших. Локальне виконання всіх операцій забезпечує повний контроль над середовищем і усуває ризики, пов'язані з доступом до реальних хмарних ресурсів. LocalStack також добре інтегрується з популярними DevOps-інструментами, такими як Terraform, Ansible та Docker, що спрощує автоматизацію процесів розгортання та управління інфраструктурою, роблячи його універсальним інструментом для навчальних і тестових завдань.

Приклади навчальних завдань:

- створення бакетів S3 та взаємодія з ними;
- моделювання роботи Lambda-функцій;
- налаштування API Gateway для базового REST API.

Інтеграція LocalStack з Terraform може бути використана для створення і видалення інфраструктури. Навчальні завдання з використання Terraform спрямовані на вивчення принципів Infrastructure as Code (IaC). Студенти можуть створювати конфігураційні файли для автоматизації процесів розгортання інфраструктури, таких як EC2 машини, бакети S3 чи API Gateway, і видалення

ресурсів після завершення роботи. Це дозволяє опанувати методології автоматизованого управління інфраструктурою.

Для автоматизації запуску LocalStack у навчальному середовищі та ефективної роботи із LocalStack студенти можуть використовувати Docker, що дозволяє автоматизувати процес розгортання симулятора. Завдання також можуть включати створення Docker Compose файлів для налаштування контейнерів LocalStack, спрощуючи дії, що повторюються та прискорюючи навчальний процес. Це дає змогу ефективно моделювати складні інфраструктури у локальному середовищі.

Одним із основних обмежень імітації LocalStack є неповна реалізація всіх сервісів AWS. Деякі сервіси доступні лише у базовому вигляді або потребують використання платної версії LocalStack Pro.

LocalStack надає потужну імітацію, проте його поведінка може відрізнятись від реального AWS, особливо у деталях реалізації API або масштабування. Це означає, що результати, отримані в локальному середовищі, можуть потребувати додаткового коригування при перенесенні на реальну хмару. Тому при використанні LocalStack у навчальних чи тестових цілях слід враховувати ці відмінності.

LocalStack оптимально підходить для тестування, моделювання та навчальних цілей. Через обмеження функціоналу і потенційні розбіжності в поведінці з реальним AWS, цей інструмент не може гарантувати належну стабільність та відповідність стандартам реальних систем. Його використання слід розглядати як допоміжний етап перед реальним розгортанням у хмарному середовищі.

**Висновки.** LocalStack є ефективним інструментом для навчання студентів роботі з хмарними сервісами. Він дає можливість опанувати сучасні практики IaC, автоматизації, тестування та роботи з хмарною інфраструктурою без значних витрат та може використовуватись як підготовчий етап перед переходом до реальних хмарних платформ. Але варто розуміти, що LocalStack є всього лише імітацією API та поведінки сервісів і не може повноцінно замінити справжнього хмарного провайдера.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. *Žarko Bogićević, Marjan Milošević. LocalStack: A Practical Approach to Teaching // Cloud Computing - Conference: Proceedings TIE 2024.*

2. *LocalStack. Overview. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://docs.localstack.cloud/overview/> (дата звернення: 01.12.2024). – Назва з екрана.*

## USING THE LOCALSTACK AWS SERVICES SIMULATOR TO LEARN HOW TO WORK WITH CLOUD SERVICES AND INFRASTRUCTURE

*A. Marchuk, PhD, Senior Lecturer*

*Kharkiv National University of Radio Electronics*

**УДК 621.397**

*А.М. Капітон, д.пед.н., професор,*

*Р.М. Талибов, аспірант,*

*О.С. Дзюбан, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ОПТИМІЗАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ**

Телекомунікаційні мережі є основою для обміну інформацією між різними користувачами та пристроями. Упродовж останніх десятиліть відбулися значні зміни в їхньому розвитку, зумовлені появою нових технологій та вдосконаленням існуючих стандартів. Важливо зазначити, що з розвитком мережевих технологій суттєво зросли вимоги до швидкості передачі даних, якості зв'язку та безпеки інформації.

Однією з ключових характеристик телекомунікаційних мереж є швидкість передачі даних. Сучасні технології, такі як оптоволоконні мережі та 5G, дозволяють передавати дані зі швидкістю, що вимірюється в гігабітах на секунду. Це забезпечує стабільний і швидкий зв'язок навіть за умов великої кількості підключених користувачів, що відповідає зростаючим потребам сучасного суспільства. Іншою важливою характеристикою є пропускна здатність, яка визначає максимальний обсяг даних, що можуть бути передані за одиницю часу. Завдяки розвитку технологій, таких як 5G, пропускна здатність мереж значно зросла, що дозволяє передавати великі обсяги інформації, включаючи відео високої якості або дані для Інтернету речей (IoT).

Надійність і стійкість телекомунікаційних мереж також є важливими аспектами. Вони визначають здатність мережі функціонувати ефективно навіть за умов високих навантажень або технічних збоїв. Сучасні мережі використовують технології резервування та багатоканальні системи, які дозволяють перенаправляти дані через альтернативні маршрути в разі відмови одного з компонентів. Це мінімізує час простоїв і підвищує загальну стабільність мережі. Безпека даних стала невід'ємною складовою сучасних телекомунікаційних систем. Завдяки впровадженню таких методів, як шифрування даних, автентифікація користувачів і захист від кібератак, вдається знизити ризики витоку інформації та захистити мережі від загроз.

Сучасні технології значно розширили можливості телекомунікаційних мереж. Однією з найперспективніших є технологія 5G, яка забезпечує надвисокі швидкості передачі даних, мінімальні затримки та високу щільність підключень. Це відкриває нові можливості для розвитку Інтернету речей, автономних транспортних засобів, розумних міст та інших інноваційних рішень. Завдяки 5G з'являється можливість підключати мільярди пристроїв і забезпечувати передачу даних у реальному часі, що значно підвищує ефективність багатьох сфер життя.

Ще одним важливим досягненням є оптоволоконні мережі, які дозволяють передавати дані з мінімальними втратами сигналу та надають високі швидкості з'єднання. Вони стали основою для створення сучасних високошвидкісних

інтернет-мереж, що є критично важливим як для приватних користувачів, так і для бізнесу. Оптичне волокно активно використовується в довгострокових магістральних мережах для передачі великих обсягів даних на великі відстані.

Розвиток Інтернету речей (IoT) є ще однією визначною особливістю сучасних телекомунікаційних мереж. IoT включає в себе широкий спектр пристроїв, що можуть обмінюватися даними через мережу, зокрема розумні будинки, пристрої для моніторингу здоров'я та системи промислової автоматизації. Ефективне підключення та передача даних між такими пристроями сприяють оптимізації багатьох процесів.

Захист телекомунікаційних мереж і даних користувачів залишається пріоритетним завданням у зв'язку з постійно зростаючими кіберзагрозами. Сучасні мережі оснащені системами виявлення вторгнень, шифруванням даних і технологіями блокчейну, що забезпечує високий рівень конфіденційності та безпеки інформації.

Таким чином, телекомунікаційні мережі та сучасні технології відіграють ключову роль у забезпеченні стабільного, швидкого та безпечного зв'язку. Впровадження інновацій, таких як 5G, оптичне волокно та рішення у сфері кібербезпеки, значно покращує характеристики мереж і розширює їхні можливості. У майбутньому розвиток технологій телекомунікацій сприятиме більш ефективному обміну даними та створенню нових інноваційних рішень для різних галузей.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. А. В. Тимченко. *Оптимізація телекомунікаційних мереж: теорія та практика: монографія.* Львів: ЛНУ, 2020. 400 с.

2. А. Б. Фінкельштейн, А. М. Руденко. *Основи телекомунікаційних систем та мереж: навч. посіб.* Харків: ХНУРЕ, 2019. 280 с.

3. ITU-T. *5G Technology and Telecommunications Network Optimization.* Geneva: International Telecommunication Union, 2022. 250 с.

#### OPTIMIZATION OF TELECOMMUNICATION NETWORK CHARACTERISTICS

*A. Kapiton, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor,*

*R. Talybov, PhD Student,*

*O. Dziuban, PhD Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ФРЕЗЕРУВАННЯ ДЛЯ ВЕРСТАТІВ З ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ**

У сучасних галузях підвищення ефективності технологічних процесів стало дуже важливим завданням для підвищення ефективності, зниження витрат і забезпечення конкурентоспроможності підприємств [1, 2]. Фрезерні верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ) відіграють важливу роль у високоточній обробці металів та інших матеріалів. Однак для досягнення максимальних результатів необхідно оптимізувати технічні процеси, скоротити час простою обладнання і мінімізувати знос інструменту [3].

Вибір правильних параметрів різання (швидкість шпинделя, глибина різання і швидкість подачі) має важливе значення для підвищення ефективності і зниження зносу інструменту [4]. Застосування адаптивного управління дозволяє налаштовувати параметри в режимі реального часу в залежності від стану інструменту і матеріалу заготовки.

Контролери FANUC, Siemens SINUMERIK і Haas мають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс і функції автоматичної настройки, які дозволяють більш ефективно програмувати і скорочують час простою. Багато сучасних систем ЧПУ також підтримують можливості віддаленого моніторингу, скорочуючи час діагностики та обслуговування [5, 6].

Установка інструментів з поліпшеними характеристиками з використанням високошвидкісних твердосплавних інструментів або інструментів з керамічним покриттям підвищує точність і довговічність інструменту. Вибір правильного інструменту для конкретного матеріалу може запобігти пошкодженню поверхні та зменшити кількість необхідних обробок.

Сучасний фрезерний верстат інтегрований з кіберфізичної системою, яка забезпечує автоматичний моніторинг процесу обробки, виявлення відхилень в реальному часі і запобігання аварійних ситуацій. Такі системи можуть бути незалежно сплановані для обслуговування на основі даних датчиків.

Програмне забезпечення для автоматизованого виробництва дозволяє створювати оптимізовані траєкторії інструменту, скорочувати час простою і підвищувати ефективність робочого часу.

Впровадження нових інструментів і адаптивного контролера на виробничій лінії з ЧПУ дозволило 1 галузі скоротити час обробки деталей на 15% і знизити знос інструменту на 20%. Використання датчиків для контролю стану машини дозволило уникнути незапланованих простоїв і підвищило загальну ефективність.

Підвищення ефективності фрезерування з ЧПУ підвищення ефективності фрезерування з ЧПУ вимагає комплексного підходу: оптимізації параметрів обробки, використання сучасних систем ЧПУ, застосування високоякісних

інструментів і автоматизації виробничих процесів. Інтеграція з кіберфізичними системами дозволяє створити гнучку і продуктивну виробничу середу, що відповідає вимогам Industry 4.0 [7].

Ці заходи сприяють підвищенню якості продукції, зниженню витрат і забезпеченню високого рівня конкурентоспроможності компаній на світовому ринку.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Lee J. *Recent advances and trends in predictive manufacturing systems in big data environment* / J. Lee, B. Bagheri, H.-A. Kao // *Manufacturing Letters*. – V. 1. – I. 1. – 2013. – P. 38-41.

2. *Foundations for Innovation in Cyber-Physical Systems* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nist.gov/system/files/documents/el/CPS-WorkshopReport-1-30-13-Final.pdf>. – 01.2013

3. Lee J. *Predictive Manufacturing System – Trends of Next-Generation Production Systems* / J. Lee, E. Lapira, S. Yang, A. Kao // *IFAC Proceedings Volumes*. – V. 46. – I. 7. – 2013. – P. 150-156.

4. Гаркуша О. М., Льченко Ю. О. *Технологія машинобудування: Проектування процесів обробки металів*. – Київ: КНУБА, 2019. – 278 с.

5. *SINUMERIK CNC Systems – User Guide*. – Siemens, 2021.

6. *Technical documentation and manuals*. – FANUC Europe, 2020.

### IMPROVING THE EFFICIENCY OF CNC MILLING

*Y. Melnyk, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.313**

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент,*

*Є.В. Вітченко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТУ МІНІ-ГЕС

Метою роботи є підвищення швидкодії системи автоматичного регулювання активної потужності гідроагрегату за рахунок застосування генератора зі змінною частотою обертання валу шляхом формування необхідного значення електромагнітного моменту генератора.

Для досягнення постановленої мети потрібно було вирішити такі завдання:

1. На підставі порівняльного аналізу робочих характеристик гідротурбін обґрунтувати тип гідротурбін, найбільш придатний для регулювання активної потужності шляхом зміни числа обертів.

2. Отримати математичну модель радіально-осьової гідротурбіни з напірним водоводом для побудови систем управління активною потужністю гідроагрегату зі змінною частотою обертання валу.

3. Обґрунтувати математичну модель, адекватну завданню побудови систем регулювання швидкості і активної потужності гідроагрегату.

4. Розробити методику розрахунку сумарного моменту інерції на валу гідроагрегату і постійної часу напірного водоводу для забезпечення працездатності гідроагрегату в режимі обмеження електромагнітного моменту.

5. Розробити методику синтезу регулятора швидкості, що дозволяє забезпечити прийнятне за швидкодією і коливальності якість гідромеханічних перехідних процесів.

Сучасні системи управління електромагнітним моментом і активною потужністю машини подвійного живлення (МПЖ) будуються як системи векторного керування (СВК) з орієнтуванням результуючого вектора струмів ротора по вектору потокозчеплення статора асинхронної машини. СВК дозволяє регулювати активну потужність МПЖ з боку генератора шляхом зміни його електромагнітного моменту незалежно від частоти обертання валу [1].

Зроблено аналіз робочих характеристик гідротурбін. Показано, що для ефективної роботи гідроагрегату (ГА) міні-ГЕС слід застосовувати гідротурбіни радіально-осьового (РО) типу з низьким коефіцієнтом швидкохідності. При підвищенні частоти обертання ГА відцентрова сила збільшує протитиск, що перешкоджає проходженню води через направляючий апарат турбіни на робоче колесо, що дозволить наповнювати водосховищі ГЕС під час доби, коли споживання електроенергії мінімально.

Математичний опис радіально-осьової гідротурбіни при змінній частоті обертання ГА отримано на підставі застосовуваної проектними організаціями моделі гідротурбіни, що працює на одному валу з синхронним генератором при постійному значенні частоти мережі.

Пропонована математична модель складена при припущеннях про нееластичність стінок водоводу, нестиснення води і про те, що гідротурбіна працює на ділянці характеристики, де її ККД практично не залежить від частоти. Отримано передавальні функції ГА, що описують його динамічні властивості: по кутовий швидкості валу ГА в залежності від електромагнітного моменту МПЖ-генератора; по активній потужності, що генерується в залежності від кутової швидкості валу ГА.

Розроблено методику вибору параметрів об'єкта управління, що забезпечує стійкість і аперіодичний характер перехідних процесів по кутовий швидкості валу ГА. Обидві ці умови забезпечуються збільшенням сумарного моменту інерції ГА і площі поперечного перерізу напірного водоводу [2].

Система управління ГА міні-ГЕС побудована у вигляді багатоконтурної системи підлеглого регулювання координат. САУ ГА міні-ГЕС містить внутрішній контур регулювання швидкості, необхідний для обмеження напруги на виводах ПЧ з боку ротора шляхом обмеження ковзання асинхронної машини, зовнішній контур регулювання рівня води водосховища і проміжний контур

регулювання активної потужності (P), від якого вимагається висока швидкість при відпрацюванні позапланового завдання в аварійних режимах роботи електроенергетичної системи (ЕЕС).

Розроблено методику синтезу регулятора швидкості, що дозволяє забезпечити прийнятну за швидкістю якість гідромеханічних перехідних процесів. Методом цифрового моделювання проведена перевірка працездатності запропонованої інженерної методики синтезу регуляторів ГА міні-ГЕС в характерних режимах роботи. Результати моделювання підтвердили адекватність розробленої інженерної методики синтезу регуляторів САР активною потужністю ГА.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. . *Гідроенергетика: курс лекцій [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»/уклад.: В.І. Будько, П.Ф. Васько, С.Т. Пазич, /КПІ ім. Ігоря Сікорського, – Електронні текстові дані (1 файл: 13,6 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 205 с/*

2. *Baoling Guo, Bacha Seddik. Mazen Alamir, Amgad Tarek Mohamed. Variable speed micro-hydro power generation system: Review and Experimental results. SYMPOSIUM DE GENIE ELECTRIQUE (SGE 2018), 3-5 JUILLET 2018, NANCY, FRANCE.*

## RESEARCH THE AUTOMATIC REGULATION SYSTEM OF THE MINI-POWER PLANT

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*Ye. Vitchenko, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.34**

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*А.В. Пащенко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ШЛЯХИ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ У ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСАХ РОБОТИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Визначення шляхів зниження втрат електроенергії в перехідних процесах має важливе значення, особливо для електроприводів, для яких перехідні процеси складають істотну частину загального циклу їх роботи [1].

При значній частоті включення асинхронного електродвигуна великого значення набувають втрати в перехідних режимах, що викликають їх інтенсивний нагрів і обмежуючи з цієї причини кількість включень, реверсів і гальмувань [2].

Припустимо, що робочий цикл складається з періодів пуску, роботи із сталою швидкістю при постійному навантаженні, гальмування і паузи, коли асинхронний двигун відключений від мережі. Такому циклу роботи відповідає спрощений графік зміни швидкості в часі.

Втрати енергії, що виділяються в асинхронному двигуні за цикл, складаються з втрат енергії за час пуску, гальмування і роботи із сталою швидкістю. Втрати енергії виділені в навколишнє середовище із сталою швидкістю за час пуску і гальмування [3]. При цьому прийнято, що за час пуску і гальмування коефіцієнт погіршення тепловіддачі рівний середньому значенню між початковим і кінцевим значеннями.

$$\Delta P = \frac{P_{\text{ном}} \cdot (1 - \eta)}{\eta}$$

Підставивши значення ККД вибраного з каталогу електродвигуна, отримаємо криві втрат потужності, рис. 1.

Аналіз отриманих залежностей  $\eta = f(\omega)$ ,  $\Delta P = f(\omega)$  при частотному регулюванні показує, що при пониженні перевантажувальної здатності асинхронного двигуна, робоча точка зміщується вниз по характеристиках асинхронного двигуна з пониженням частоти мережі. При цьому  $\cos\phi$  - коефіцієнт потужності досягає свого максимального значення і із зміною частоти мережі практично не змінюється.

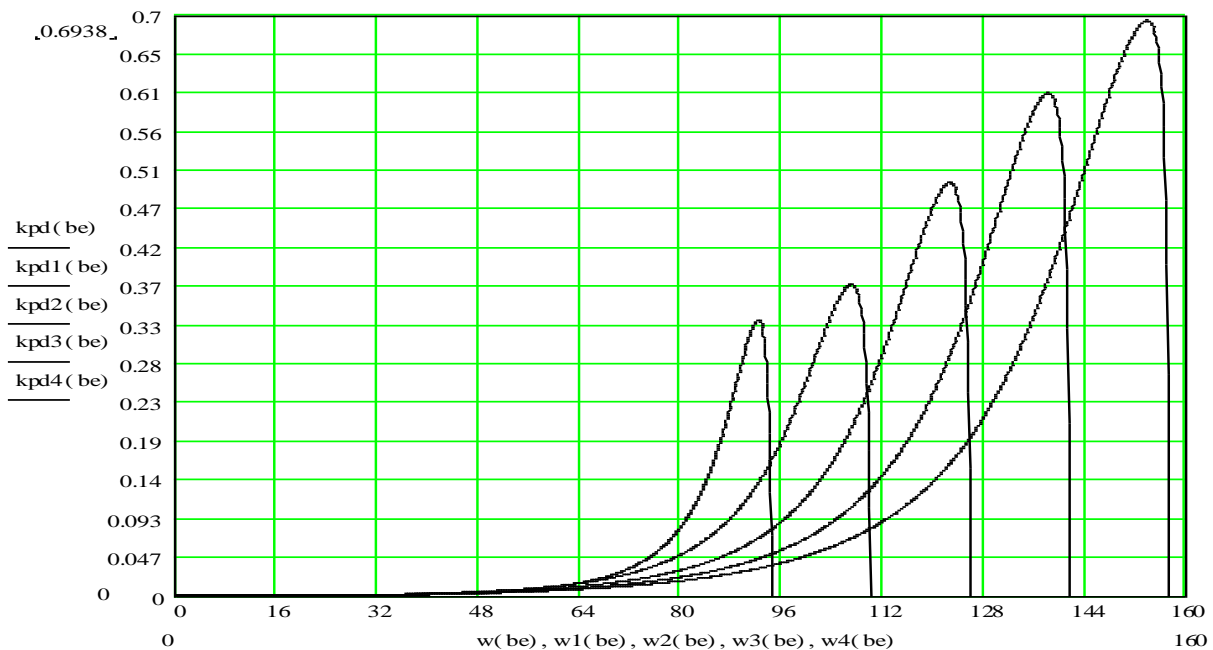


Рис. 1. Енергетична характеристика залежності ККД від швидкості обертання

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода.-К.: Кондор, 2005.-408с.

2. Ловейкін В. С. Мехатроніка: навч. посібник / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич, Ю. В. Човнюк. – Київ : ЦП «Компринт», 2012. – 358 с.

3. Попович М. Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електропривод / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – Київ : Либідь, 2005. – 678 с.

## WAYS TO REDUCE ENERGY LOSSES IN TRANSIENT PROCESSES OF ELECTRIC DRIVE OPERATION

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*A. Pashchenko, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 681.325.5

*О.Г. Дрючко, к.х.н., доцент,*

*Н.В. Бунякіна, к.х.н., доцент,*

*І.А. Штанько, студент,*

*М.Ю. Першін, студент,*

*М.В. Качан, студент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## З'ЯСУВАННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-КЕРУЮЧОЇ СИСТЕМИ УСТАНОВКИ КОМПЛЕКСНОЇ ПІДГОТОВКИ ГАЗУ

Студентами – членами наукового гуртка «Інновації в автоматизованих системах управління» на кафедрі АЕіТ проводиться вивчення особливостей роботи інформаційно-керуючої системи (ІКС), призначеної для автоматизованого управління та контролю технологічними процесами на діючій установці комплексної підготовки газу (на прикладі "ГС Солоха" Полтавська область, рис 1).

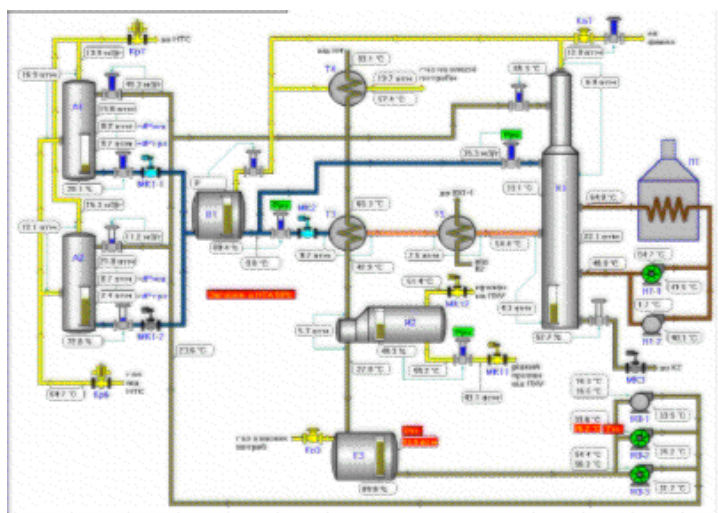


Рис. 1. "ГС Солоха" Полтавська область

З'ясовані цілі створення АСУ. – Оперативний збір об'єктивної інформації щодо перебігу технологічного процесу. Подання інформації оперативному персоналу про перебіг технологічного процесу. Діагностика та підвищення надійності, економічності роботи основного технологічного обладнання. Оптимізація його режиму роботи та дистанційне керування. Підвищення продуктивності та покращення умов праці обслуговуючого персоналу.

Об'єктами автоматизації являються: установка низькотемпературної абсорбції (абсорбери, колони, вивітрювач, ємності, дегідратор, випарники, теплообмінники, повітряні холодильники, відсічні клапани, електрозасувки), міжцехові комунікації, печі регенерації та підігріву теплоносія, технологічна насосна станція, система пожежогасіння.

Автоматизації підлягають – вимірювання, перетворення та контроль достовірності вхідних аналогових, імпульсних та релейних сигналів. Подача сигналів управління на виконавчі пристрої різних типів. Автоматичне регулювання (стабілізація) відповідних технологічних параметрів. Можливість налаштувань при зміні режимів роботи. Автоматичний облік паспортних характеристик датчиків та виконавчих механізмів. Дистанційна зміна установок, налаштувань контурів регулювання меж зміни аварійних та технологічних параметрів, що настроюються. Формування керуючих команд, сигналів згідно заданих алгоритмів (режимів функціонування технологічних відділень, блоків, вузлів; взаємодії, узгодження та синхронізації в їх роботі; блокування, перемикання та ін.). Технологічна, попереджувальна, аварійна звукова та аварійна світлова сигналізація відхилення технологічних параметрів від норми. Відображення на дисплеях АРМ поточних значень технологічних параметрів у вигляді графіків з можливістю довільного масштабування. Архівування всіх параметрів, подій і дій оператора, що вимірюються. Забезпечення взаємодії із суміжними системами управління.

Вивчаються також альтернативні технологічні рішення перероблення.

Нині поряд із трансформацією та модернізацією нашої обробної промисловості, продовжує зростати потреба в газах високої чистоти. Технології поділу та очищення газів включають низькотемпературну дистиляцію, адсорбцію та дифузію. Тому актуальним є вивчення двох найбільш поширених і схожих процесів адсорбції, а саме адсорбції при змінному тиску (PSA) і адсорбції при змінній температурі (TSA).

Основний принцип адсорбції при змінному тиску (PSA) заснований на відмінностях у характеристиках адсорбції газових компонентів у твердих матеріалах та характеристиках зміни об'єму адсорбції залежно від тиску з використанням періодичного перетворення тиску для завершення поділу та очищення газу. Адсорбція зі змінною температурою (TSA) також використовує переваги відмінностей у ефективності адсорбції газових компонентів на твердих матеріалах, але різниця полягає в тому, що на адсорбційну здатність впливатимуть зміни температури та використання періодичної змінної температури для досягнення поділу газів та очищення.

Оскільки тиск можна швидко змінити, цикл адсорбції при змінному тиску зазвичай короткий і може завершитися за кілька хвилин. Адсорбція зі змінною температурою в основному використовується при уловлюванні вуглецю, очищенні ЛОС, сушінні газу та інших областях, обмежених швидкістю теплопередачі системи. Час нагріву та охолодження великий, цикл адсорбції зі змінною температурою буде відносно довгим.

Через різницю в часі робочого циклу для застосування в безперервних процесах PSA часто вимагає паралельної роботи кількох веж (4-8 веж). Оскільки період адсорбції зі змінною температурою більш тривалий, для адсорбції зі змінною температурою зазвичай використовуються дві колонки.

Для підвищення ефективності та зниження енергоспоживання на основі PSA та TSA створено технології вакуумної адсорбції зі змінним тиском (VPSA) та вакуумної адсорбції зі змінним температурним режимом (TVSA). Цей процес складніший і дорожчий, але робить його придатним для великомасштабної переробки газу. Тому попереду ще грандіозна кропітка, але цікава і перспективна робота.

## **CLARIFICATION OF THE FEATURES OF THE FUNCTIONING OF THE INFORMATION AND CONTROL SYSTEM OF THE COMPREHENSIVE GAS PREPARATION INSTALLATION**

*O. Dryuchko, Ph.D., Associate Professor,*

*N. Bunyakina, Ph.D., Associate Professor,*

*I. Shtanko, Student,*

*M. Pershin, Student,*

*M. Kachan, Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## **UDC 621.9**

*E. V. Kyslytsia, resident doctor,*

*O.B. Petryaeva, PhD in public administration, associate professor*

*Donetsk National Medical University, Kropyvnytskyi, Ukraine*

## **MANAGEMENT SKILLS OF A HEALTHCARE FACILITY MANAGER IN THE CONTEXT OF TREATING PATIENTS WITH COMBAT INJURIES**

**Relevance:** The relevance of the topic is driven by the need for healthcare facilities to adapt to the challenges of wartime, including providing high-quality medical care to patients with combined injuries. Effective management of a healthcare institution during martial law requires a high level of managerial skills, the ability to respond quickly to new challenges, and the implementation of innovative solutions.

**Purpose of the Study:** To highlight the significance of the managerial skills of a healthcare facility manager in ensuring the implementation of a multidisciplinary approach to diagnosing and treating combat-related combined injuries.

**Key research results:**

1) **Organization of a Multidisciplinary Approach:** The managerial skills of the healthcare facility manager are evident in creating conditions for the interaction of specialists from various fields (surgeons, traumatologists, rehabilitation specialists, psychologists). This involves implementing specialized treatment algorithms and protocols for combat injuries, adapted to the realities of the Kropyvnytskyi region.

2) **Development of Innovative Approaches to Physician Professional Development:** The healthcare manager plays a crucial role in implementing continuous education programs, including seminars, training sessions, and simulation-based learning aimed at enhancing physicians' competencies in diagnosing and treating combined injuries.

3) **Optimization of Resource Allocation:** Managerial decisions are directed at the rational use of human, material, and technical resources. During wartime, special attention is given to equipping the facility with modern diagnostic and treatment equipment, as well as ensuring the availability of medications necessary for prompt response to emergency cases.

4) **Improving the Quality of Medical Care:** Through effective management, the integration of international treatment standards (e.g., TCCC), adapted to Ukrainian conditions, has been achieved. This has resulted in reduced complications and mortality rates among patients with combat injuries.

5) **Communication Component:** The healthcare manager plays a pivotal role in coordinating team efforts, organizing collaboration with volunteer and international organizations, and maintaining the morale of medical staff in high-stress conditions.

**Practical Significance:** The results of the study can be utilized to improve managerial practices in healthcare facilities specializing in the treatment of patients with combat injuries. The implemented managerial approaches contribute to enhancing the quality of medical care, which is especially relevant in today's circumstances.

**Conclusions:** Effective managerial activities of a healthcare facility manager are critically important for organizing high-quality diagnostics and treatment of patients with combat injuries. The implementation of a multidisciplinary approach, continuous education for physicians, resource optimization, and integration of modern medical standards are key directions for improving the quality of medical care.

## LITERATURE:

1. Наказ МОЗ України №722 від 29.07.2016 року «Про затвердження та впровадження медико-технологічних документів зі стандартизації медичної допомоги в системі МОЗ України».

2. *European Trauma Course Manual. European Resuscitation Council, 2021.*

3. *Tactical Combat Casualty Care Guidelines (TCCC). Committee on Tactical Combat Casualty Care (CoTCCC), 2022.*

4. *PHTLS: Prehospital Trauma Life Support (Military Version). American College of Surgeons, 2021.*

5. Бурка О.Ю., Феценко О.М. «Організація хірургічної допомоги при масових надходженнях поранених: воєнний досвід та перспективи». Науковий журнал «Військова медицина України», 2022.

6. Острогляд В.І., Демченко О.В. «Актуальні проблеми діагностики та лікування комбінованих травм у мирний та воєнний час». Журнал «Клінічна хірургія», 2023.

7. International Committee of the Red Cross (ICRC): «War Surgery: Working with Limited Resources in Armed Conflict and Other Situations of Violence», 2022.

8. Trauma and Combat Casualty Care: Best Practices in Modern Military Medicine. Oxford University Press, 2022. WHO Trauma Care Systems and Services: Guidelines and Recommendations, 2021.

9. Національні клінічні рекомендації України: «Організація надання допомоги при травмах військового часу», 2023.

10. Рекомендації Міністерства оборони США: «Trauma Management and Tactical Medicine», 2022.

## **УПРАВЛІНСЬКА МАЙСТЕРНІСТЬ КЕРІВНИКА ЛІКУВАЛЬНОГО ЗАКЛАДУ В РЕАЛІЯХ ЛІКУВАННЯ ПАЦІЄНТІВ З БОЙОВОЮ ТРАВМОЮ**

**Є.В. Кислиця**, лікар ординатор,

**О.Б. Петраєва**, к.н. держ. упр., доцент

Донецький національний медичний університет м. Кривиницький, Україна

**УДК 681.3.06**

**С.Г. Кислиця**, к.т.н., доцент,

**А.С. Боровик**, аспірант

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

## **НАДІЙНІСТЬ ДУБЛЬОВАНОЇ МЕРЕЖІ СИСТЕМ КОМП'ЮТЕРНОГО УПРАВЛІННЯ**

До систем комп'ютерного управління комплексами машин та агрегатів, пред'являються жорсткі вимоги щодо надійності, стійкості до відмови та продуктивності. Сучасні системи комп'ютерного управління, як правило, мають ієрархічну структуру з виділенням нижнього рівня локального управління на основі комп'ютерів і контролерів, що вбудовуються, і верхнього рівня управління комплексом машин і агрегатів, взаємозв'язок комп'ютерних вузлів здійснюється через комунікаційну підсистему [1].

Комунікаційна підсистема керуючих систем має витримувати принаймні одноразові відмови, для цього комунікаційні засоби, як мінімум, повинні дублюватися. Комунікаційні вузли, які частково втратили в результаті відмов свої комунікаційні можливості, можуть не відключатися, а використовуватися в режимі деградації з втратою продуктивності та пов'язаності вузлів. Методи оцінки надійності комунікаційної підсистеми [2], що пов'язує дві групи

комп'ютерних вузлів під час обміну між вузлами різних груп, є наближеними. У зв'язку з цим, враховуючи, що на практиці побудови відмовостійких систем в даний час, як правило, обмежуються дублюванням комунікаційних засобів, актуальним є розробка точних методів оцінки надійності таких систем.

Для підвищення надійності обчислювальних систем всі їх основні компоненти резервуються, у найпростішому випадку дублюються, при цьому ефективність резервованих систем багато в чому визначається організацією функціонування в умовах накопичення відмов і залежить від реалізації реконфігурації, відновлення обчислювального процесу після відмов, в тому числі дій щодо забезпечення його безперервності.

Розглянемо питання відмовостійкої організації, забезпечення та оцінки надійності резервованих обчислювальних систем на прикладі дубльованих обчислювальних комплексів як найпростішої реалізації високонадійних відмовостійких обчислювальних систем.

Дубльовані обчислювальні комплекси, особливо що працюють у складі керуючих систем, повинні забезпечувати як структурну, так і, в ряді випадків, функціональну відмовостійкість.

Структурна відмовостійкість – це здатність системи до збереження працездатності конфігурації при накопиченні відмов апаратно-програмних ресурсів і досягається в результаті реконфігурації, в тому числі супроводжуваної деградацією.

Під функціональною відмовостійкістю розуміється здатність системи до необхідного (своєчасному і безпомилкового) виконання функціональних завдань в умовах збоїв, відмов, а можливо і зовнішніх зловмисних або випадкових деструктивних впливів. Вона може бути спрямована на забезпечення стійкості і безперервності обчислювального процесу, коли втрата результатів обчислювального процесу є неприпустимою [3].

Відмовостійкі обчислювальні комплекси, що працюють в контурі управління, повинні забезпечувати безперервне виконання функціональних завдань в умовах відмов і збоїв апаратно-програмних засобів. Відмовостійкість обчислювальних комплексів досягається при структурній, тимчасовій надмірності, на основі резервування основних вузлів системи.

При забезпеченні функціональної надійності та відмовостійкості обчислювальної системи повинна зберігатися здатність виконання всіх функцій, покладених на систему, або їх найбільш важливого підмножини функцій, критичних для реалізації прикладних задач.

Програмно-апаратні засоби комплексу резервуються (в найпростішому випадку дублюються), при цьому в системі забезпечується реконфігурація, при якій працездатна структура комплексу формується на основі збережених після відмов компонент при допустимому зниженні якості реалізованих обчислювальних процесів. У реконфігурованих комплексах у міру накопичення відмов відбувається деградація, що супроводжується зниженням ефективності функціонування системи. Деградація може проявлятися в збільшенні затримок,

зниженні пропускну́ї здатності та достовірності обчислень, а в ряді випадків – зниженням функціональних можливостей.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Богатирьов, В. А. Оптимізація інтервалів перевірки інформаційної безпеки систем / В. А. Богатирьов, А. В. Богатирьов, С. В. Богатирьов // Науково-технічний вісник інформаційних технологій, механіки і оптики. - 2014. - №5 (93). - С. 119-125.

2. Shooman, M. L. Reliability of Computer Systems and Networks: Fault Tolerance, Analysis, and Design / M.L. Shooman. - NY: John Wiley & Sons, 2002.

3. Bogatyrev, V.A. Fault tolerance of clusters configurations with direct connection of storage devices / V. A Bogatyrev // Automatic Control and Computer Sciences. - 2011. - Vol. 45. - № 6. - P. 330-337.

### RELIABILITY OF THE DUPLICATED NETWORK OF COMPUTER CONTROL SYSTEMS

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*A. Borovyk, Postgraduate Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.9**

*А.М. Федоренко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### МОДЕЛЬ НАЗЕМНОЇ РОБОТОТЕХНІЧНОЇ ПЛАТФОРМИ ДЛЯ УСУНЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ У ГАЛУЗІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Сьогодні спостерігається шалений розвиток електроніки, тому необхідність моделювання наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики зростає. З іншого боку створюються нові рішення у сфері енергетики, які потрібно монтувати, демонтувати, обслуговувати. Використання маніпуляторів дозволяє прискорити цей процес. Для реалізації завдань було створено план робіт моделювання наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики, який тривав з 1 жовтня по 6 грудня.

Для розробки моделі наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики за основу було обрано конструкцію розмірами 190 мм x 300 мм. Конструкція обладнана акумулятором 6S2P 8000 mAh Li-Ion. Силова частина складається з двигунів ZENG WHCD 42GP – 775. Дистанційне керування здійснювалось за допомогою Radiomaster TX16S. Для віддаленого керування використовувались окуляри віртуальної реальності Skyzone з зовнішнім літій-іонним акумулятором 4S2P. Передача відео

здійснювалась за допомогою FPV RACING RUSH. У якості контролера використано Arduino UNO. Для керування двигунами розглядалось кілька драйверів CNC SHIELD та L298N та електромагнітне реле ZMPT101B, що можуть керувати двигунами Usongshine Stepping Motor Model: 17HS4401.

Реалізація моделі наземної робототехнічної платформи для усунення надзвичайних ситуацій у галузі електроенергетики потребує розробки цифрового двійника. Поглиблене дослідження цифрового двійника заплановано на жовтень – листопад 2024 року.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Radiomaster Boxer [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radiomasterrc.com/products/boxer-radio-controller-m2>.*

2. *Usongshine Stepping Motor Model: 17HS4401 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [http://www.baolai-cn.com/en/?gad\\_source=1&gclid=EA1aIQobChMIItMfowZPZiQMVjadoCR2cjyn6EAYASAAEgI8j\\_D\\_BwE](http://www.baolai-cn.com/en/?gad_source=1&gclid=EA1aIQobChMIItMfowZPZiQMVjadoCR2cjyn6EAYASAAEgI8j_D_BwE).*

### **A MODEL OF A GROUND ROBOTIC PLATFORM FOR EMERGENCY RESPONSE IN THE POWER INDUSTRY**

*A. Fedorenko, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 004.9**

**С.С. Голубцов**

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### **ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА СИСТЕМИ КІБЕРБЕЗПЕКИ В ІТС ПОЛЬОВИХ ВУЗЛІВ ЗВ'ЯЗКУ ПУ РІЗНИХ ЛАНОК УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНИХ СИЛ УКРАЇНИ**

Підготовка та ефективне застосування Збройних Сил України, а також інших військових формувань і правоохоронних органів спеціального призначення, є критично важливими для забезпечення національної безпеки. Це залежить від визначених функцій і завдань, які покладені на ці організації згідно з законодавством України, а також від умов воєнно-політичної і воєнно-стратегічної обстановки, тенденцій її розвитку та потенційних загроз.

У 2024 році тривала реформа системи управління Збройних Сил України (далі – ЗС України), що передбачає посилення можливостей органів військового управління та підвищення якості оперативного і бойового управління [1]. У рамках цієї реформи було проведено оптимізацію системи управління угрупованнями сил, зокрема перехід від трьох до двох оперативно-тактичних угруповань, що сприяє ефективнішій організації та управлінню [2].

Структура пунктів управління різних рівнів регламентується директивами Генерального штабу, що визначає їх склад, призначення та функції в контексті загальної системи управління військами. Одним із важливих аспектів є оптимізація органів військового управління відповідно до стандартів НАТО, переоснащення системи зв'язку на цифрову платформу та впровадження сучасних інформаційних технологій. Зважаючи на недостатню надійність існуючих інформаційно-телекомунікаційних систем, питання захисту інформації та кібербезпеки набуває особливої актуальності. Це стосується не лише конфіденційності та цілісності даних, але й їх доступності в умовах збройного конфлікту [3]. Управління у готовності до виконання завдань вимагає чіткої організації та належного забезпечення інформаційної безпеки.

Основною вимогою, що висувається під час створення та розгортання системи кібербезпеки в інформаційно-телекомунікаційних системах пунктів управління (далі – ІТС ПУ) різних ланок управління (далі – ЛУ) ЗС України, є еволюційність. Ця вимога передбачає здатність системи до адаптації та модифікації своїх параметрів і технологій кіберзахисту під впливом зовнішніх та внутрішніх кіберзагроз протягом усього життєвого циклу. Системи повинні мати можливість швидко реагувати на зміни в середовищі, забезпечуючи стійкість і ефективність захисту [4]. Обладнання апаратно-програмних комплексів кібербезпеки, що використовується в ІТС польових вузлів зв'язку ПУ ЗС України, повинно гарантувати захист в реальному часі від усіх відомих кіберзагроз, а також забезпечувати можливість виявлення та блокування нових, ще невідомих загроз. Це вимагає постійного оновлення та вдосконалення системи захисту.

Важливо підкреслити, що виключно технічними засобами неможливо побудувати комплексну та ефективну систему кібербезпеки для ІТС польових вузлів зв'язку, включаючи тактичні, оперативні та стратегічні ланку управління ЗС України. Для цього необхідний комплекс організаційних, нормативних, фізичних і технічних заходів, які будуть взаємопов'язані і створюватимуть цілісну систему захисту. Інтеграція апаратно-програмних комплексів кібербезпеки в діючі мережі ЗС України є складним і відповідальним процесом [5]. Правильний вибір продуктів, які найкраще відповідають вимогам функціонування цих мереж, має велике значення. Будь-які помилки на цьому етапі можуть призвести до значних фінансових і репутаційних втрат.

Система кібербезпеки в ІТС ПУ різних ЛУ ЗС України повинні мати модульну структуру, що дозволяє зручно їх розгортати та модернізувати відповідно до актуальних кіберзагроз. У разі необхідності, системи мають бути здатні швидко трансформуватися від апаратно-програмних комплексів тактичної ЛУ до стратегічної, що забезпечить гнучкість і адаптивність.

Для досягнення цієї мети важливо використовувати обладнання від різних виробників, таких як Cisco, MicroTic, HP, IBM, Juniper тощо. Це дозволить організувати взаємоконтроль між різними компонентами та сприяти обміну ідеями та напрацюваннями, що підвищить загальну ефективність системи. Стрімкий розвиток ринку програмного та апаратного забезпечення для

кібербезпеки вимагає уваги до ключових характеристик продуктів, таких як продуктивність, алгоритми шифрування та ключові схеми. Ці аспекти безпосередньо впливають на ефективність захисту системи.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Закон України “Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах” від 19.04.2014 № 80/94-ВР, Відомості Верховної Ради України, 02.08.1994, № 31, стаття 286.

3. “Рішення Ради національної безпеки і оборони України”, від 04.03.2016 “Про Концепцію розвитку сектору безпеки і оборони України”, підстава Указ Президента України № 92/2016, від 14.03.2016, Голос України, 14.04.2016, № 144.

4. Класифікація автоматизованих систем і стандартні функціональні профілі захищеності оброблюваної інформації від несанкціонованого доступу. НД ТЗІ 2.5-005-99. – [Чинний від 28.04.1999]. – К.: ДСТСЗІ СБ України, 1999. 28 с.

5. Термінологія в галузі захисту інформації в комп’ютерних системах від несанкціонованого доступу. НД СТЗІ 1.1-003-99. – [Чинний від 28.04.1999]. – К.: ДСТСЗІ СБ України, 1999. 24 с.

6. Критерії оцінки захищеності інформації в комп’ютерних системах від несанкціонованого доступу. НД ТЗІ 2.5-004-99- [Чинний від 28.04.1999]. – К.: ДСТСЗІ СБ України, 1999. 26 с.

#### **ORGANIZATIONAL STRUCTURE OF THE CYBERSECURITY SYSTEM IN THE INFORMATION AND TELECOMMUNICATION SYSTEMS OF FIELD COMMUNICATION NODES OF THE COMMAND AND CONTROL LINKS OF THE ARMED FORCES OF UKRAINE**

*S. Holubtsov*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 621.391**

*С.В. Волоський, магістрант,*

*М.А. Штомпель, д.т.н., професор*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

#### **АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ПАСИВНИХ ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ТРИВАЛИХ ВІДКЛЮЧЕНЬ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

Постійні відключення електроенергії, спричинені пошкодженням енергооб’єктів через масовані ракетно-дронові атаки, становлять серйозну загрозу для функціонування телекомунікаційних систем. Критично важливі об’єкти, такі як медичні заклади, фінансові установи, військові структури, потребують стабільного доступу до мережі незалежно від умов.

Україна зіткнулася з безпрецедентними викликами в енергетичній сфері, які безпосередньо впливають на інфокомунікаційні системи. PON має низьке енергоспоживання, оскільки у своїй архітектурі використовує пасивні компоненти (сплітери) і завдяки своїй енергоефективності є перспективним рішенням для подолання цих викликів [1]. Однак стабільна робота мережі в умовах тривалих відключень вимагає адаптації. Забезпечення надійної роботи таких систем є важливим для підтримки безперервної передачі даних як у критичних галузях так і для пересічних громадян.

Для забезпечення стабільної роботи мережі в умовах тривалих відключень електроенергії важливо оцінити споживання енергії кінцевими пристроями, що знаходяться на стороні споживача. Основними компонентами є **ONT (оптичний термінал мережі)** та **роутер** [2]. Розглянемо їх енергоспоживання детальніше.

ONT є основним компонентом пасивної оптичної мережі на стороні споживача, що забезпечує перетворення оптичного сигналу в електричний.

При повному навантаженні (передача даних на високій швидкості) ONT споживає до 10 Вт. В **режимі очікування** споживання знижується до 3-5 Вт завдяки зменшенню активності компонентів, таких як Wi-Fi або Ethernet. **Середнє споживання** становить 5-10 Вт.

Роутер забезпечує локальну мережу Wi-Fi для споживача. Залежно від моделі, роутери мають різне енергоспоживання. Моделі з підтримкою Wi-Fi б або багатоантенними системами мають підвищене споживання (до 20 Вт). У режимі зменшеної активності (з обмеженням потужності сигналу Wi-Fi) споживання можна знизити до 5-7 Вт. **Тоді середнє споживання** – 6-15 Вт.

Відключення зайвих частотних діапазонів (наприклад, 5 ГГц) дозволяє заощадити до 30% енергії.

Таблиця 1. Енергоспоживання пристроїв

Компонент	Середнє споживання (Вт)	Мінімальне споживання (Вт)	Максимальне споживання (Вт)
<b>ONT</b>	5-10	3	10
<b>Роутер</b>	6-15	5	20

Сумарне споживання в стандартних умовах роботи (активний режим всіх компонентів) складає **11-25 Вт**. У разі активації енергозберігаючих режимів споживання можна знизити до **8-12 Вт**.

Для забезпечення роботи ONT та роутера під час відключень електроенергії можна використовувати UPS або акумуляторні системи.

Можна розрахувати необхідну ємність акумулятора для забезпечення роботи абонентського терміналу BDCOM ONU P1501DS та роутера Netis N3.

Сумарне електроспоживання складає:

$$6 \text{ Вт (ONU)} + 12 \text{ Вт (роутер)} = 18 \text{ Вт.}$$

Тобто, для забезпечення 1 години автономної роботи, мінімальна ємність акумуляторної батареї має становити:  $18 \text{ Вт} / 12 \text{ В} = 1,5 \text{ А} \cdot \text{год}$ .

Для перетворення постійного струму 12 В на змінний 220 В знадобиться інвертор чи джерело безперебійного струму (UPS). Тому, з урахуванням втрат при перетворенні напруги, ефективна ємність акумуляторної батареї має становити 2 А·год [3].

Таблиця 2. Розрахунок ємності для забезпечення автономної роботи **BDCOM ONU P1501DS** та **Netis N3** на різний час:

Час роботи (години)	Сумарне споживання (Вт)	Необхідна енергія (Вт·год)	Необхідна ємність акумулятора (А·год)
2	18	36	4
4	18	72	8
8	18	144	16
12	18	216	24
24	18	432	48

### ЛІТЕРАТУРА:

1. C. DeSanti, L. Du, J. Guarin, J. Bone and C. F. Lam, *Super-PON: an evolution for access networks [Invited]*, *Journal of Optical Communications and Networking*. 2020. Vol. 12, no. 10. pp. 66-77. DOI: 10.1364/JOCN.391846.

2. *Практика впровадження пасивних оптичних мереж (PON) [Електронний ресурс] – 2022. – Режим доступу до ресурсу: <https://deps.ua/ua/knowegable-base/articles/praktika-vn-passivnyh-op-mer-pon.html>.*

3. *Розрахунок ємності акумуляторної батареї для джерела безперебійного живлення [Електронний ресурс] – 2024. – Режим доступу до ресурсу: <https://logicpower.ua/ua/calculator?srsltid=AfmBOorjW4nFgm42gvrL8HGwOE61xKMieMFmuJt6ZUH5sgzgNUX4g2MH>.*

### ANALYSIS OF THE APPLICATION OF PASSIVE OPTICAL NETWORKS IN CONDITIONS OF LONG-TERM POWER OUTAGES

*S. Voloskyi, Master's Student,*

*M. Shtompel, Doctor of Technical Sciences, Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 004.738.5**

**П.В. Соловійов,**

**Л.О. Токар, к.т.н., доцент**

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

### ДОСЛІДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ АДАПТИВНОЇ БАЗОВОЇ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ У МЕРЕЖІ ЗА ТЕХНОЛОГІЄЮ VANET

Для підвищення ефективності використання дорожньої інфраструктури та керування дорожнім рухом одним із перспективних рішень є використання

кластеризації, яка передбачає розбиття мережі на групи транспортних засобів (кластерів). Сучасною безпроводовою технологією, що забезпечує зв'язок між транспортними засобами є технологія Vehicular Ad-hoc Networks (VANET).

Мета публікації полягає в дослідженні моделі мережі VANET з адаптивною базовою кластеризацією для ефективного використання ресурсів мережі в умовах швидкої зміни швидкостей, напрямків руху та топології мережі.

Одним із ключових аспектів адаптивної базової кластеризації є урахування параметрів мобільності транспортних засобів, що технічно реалізується через алгоритми, які постійно оновлюють інформацію про сусідні транспортні засоби й приймають рішення на основі поточних умов. Основним питанням таких алгоритмів є баланс між стабільністю кластерів та їх адаптивністю, що полягає в частому переформуванні кластерів. Це є причиною значних затримок та зниження ефективності передачі даних, що впливає на мінімізацію кількості змін в структурі кластерів [1, 2].

В роботі виконано моделювання та симуляцію роботи мережі з використанням інструментів VEINS, OMNeT++ та SUMO, що забезпечують реалістичне відтворення умов дорожнього руху. Розроблено та проведено тестування алгоритму адаптивної базової кластеризації з урахуванням ряду параметрів. Фрагмент симуляції роботи мережі показано на рис. 1, де відтворено сформовані кластери в реальній мережі.

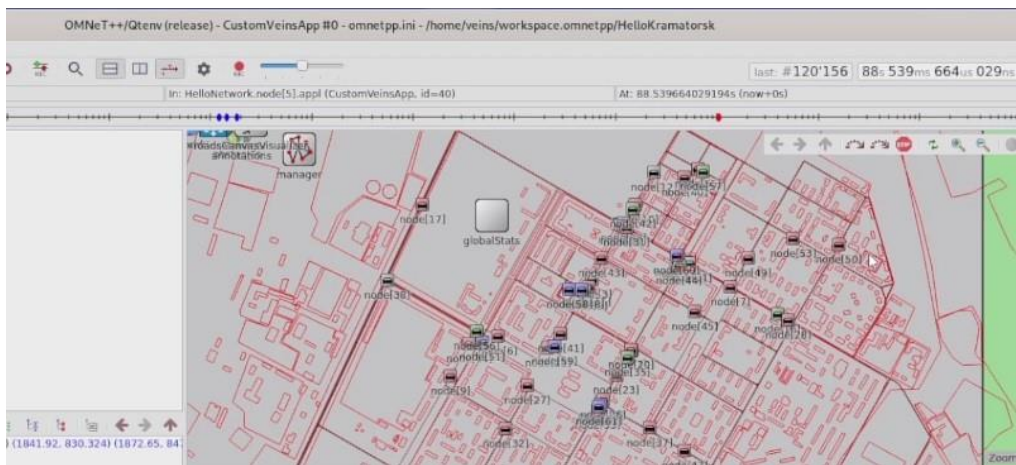


Рис. 1. Фрагмент симуляції роботи мережі

На початковому етапі робота алгоритму адаптивної кластеризації полягає в опитуванні навколишнього середовища тим авто, яке з'являється в симуляції, що відбувається декілька секунд. Якщо існуючих кластерів поруч не знайдено, авто самопроголошується Cluster Head (CH), що позначено червоним кольором. За умови існування поруч кластерів авто приєднується до них як Cluster Member (CM), що позначено синім кольором. Якщо CM знаходиться на максимальній відстані хопів від CH, то він визначається як Cluster Gateway (CG), що позначено зеленим кольором. При подальшому переміщенні авто відбувається розрив кластеру, при цьому відмічається процес переініціалізації таким чином, що один розірваний кластер може утворити два або й більше кластерів.

За умовами моделювання одержано низку результатів, що включають кількість типів отриманих повідомлень для кожного авто при обміні в межах кластерів. Результати ефективності проведеної кластеризації за весь час симуляції (400 с) для наведеного фрагмента мережі демонструє рис. 2.

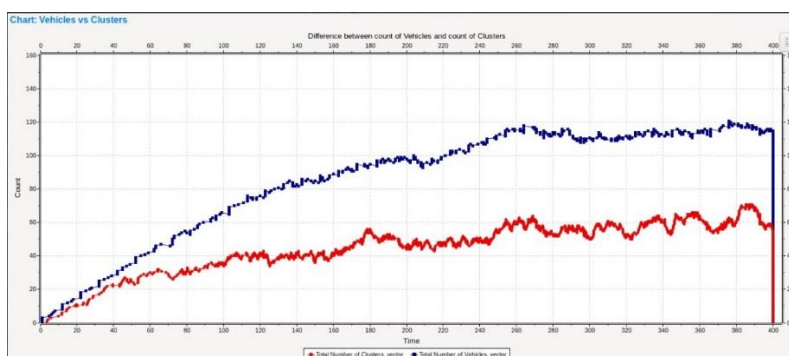


Рис. 2. Результати ефективності кластеризації

Рис. 2 показує, що кількість кластерів не перевищує кількість авто в реальній мережі, що підтверджує відсутність можливих помилок з боку кластеризації. Отже, перевагами кластеризації є потенційне зменшення кількості повідомлень в мережі, особливо для випадків в Vehicle-to-Infrastructure архітектурі.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Соловійов П. В. Кластеризація в мережах VEHICULAR AD-HOC networks / П. В. Соловійов; наук. кер. доц. Л. О. Токар // *Радіоелектроніка та молодь у XXI ст.: мат. 28-го Міжнар. молодіж. форуму.* – Х.: ХНУРЕ, 2024. – Т. 4. – С. 51–53.
2. Mukhtaruzzaman M., Atiquzzaman M. Clustering in vehicular ad hoc network: Algorithms and challenges / M. Mukhtaruzzaman, M. Atiquzzaman // *Computers & Electrical Engineering.* – 2020. – Vol. 88. – P. 1–15.

## RESEARCH OF ADAPTIVE BASIC CLUSTERIZATION ALGORITHM IN VANET NETWORKS

*P. Soloviov,*

*L. Tokar, PhD (Engineering), Associate professor  
Kharkiv National University of Radio Electronics*

## INTELLIGENT ROUTING IN AD HOC NETWORKS USING NEURAL NETWORKS

**Abstract.** In the modern world, Ad Hoc networks are widely used in the military, during emergencies, and in civilian life as well since they are characterized by the absence of a centralized hub and their capability to organize and reorganize themselves. Nevertheless, today's routing protocols have a number of disadvantages, including limited flexibility and high power consumption, which reduce their effectiveness. Applying artificial intelligence makes it possible to deal with the changes in the network topology and thus increase the energy efficiency and quality of service. This creates new possibilities for developing universal and reliable solutions in the Ad Hoc networks.

Ad Hoc networks are wireless decentralized systems without fixed infrastructure, where each node is both a source and a router of data. They can be stationary or mobile, heterogeneous in terms of resources and topology, which changes frequently. The transmission is based on multi-step packet routing and the absence of centralized control. Such networks are used in military, emergency, and civilian environments (tactical, sensor, transportation, drones, etc.). Their characteristic features are the dynamic structure, random topology, heterogeneity of nodes, the need for economical use of resources, scalability, and self-organization, as well as problems of ensuring quality of service, speed, reliability, security, and interaction with global networks. This leaves the problem of creating effective algorithms for managing, routing, and utilizing resources, including artificial intelligence methods, as an urgent one.

There are currently different routing protocols for this type of network, and they can be classified as proactive, reactive, or hybrid. However, each of them has its strengths and weaknesses, which means none of them is perfect [1].

Proactive routing protocols are Optimized Link State Routing (OLSR) and Destination-Sequenced Distance Vector (DSDV), and these protocols maintain the routing tables at all times. For instance, OLSR employs the Dijkstra algorithm, which enables it to identify the most efficient paths. The main benefit is that it reduces delay when transmitting data, but the energy cost of periodically refreshing routes makes it inefficient in large networks. DSDV protocol based on the Bellman-Ford algorithm provides reliability, and there is no possibility of routing loops; however, in dynamic networks, table updates are very often, and this process is relatively costly regarding resources [2].

The class of routing protocols, called reactive routing protocols, includes AODV, where routing tables are built only when required. This makes the protocol efficient in resource utilization, especially in idle states. This approach can be effective in networks with moderate dynamics and an average number of nodes. AODV provides the features of route maintenance and loop avoidance while suffering from long connection

establishment times and power consumption due to the exchange of service messages [3].

The third category of routing protocols is the hybrid routing protocols, of which MAODV is an example. They are effective in large networks with dynamic topology and offer low latency and reliable data delivery through multicast trees for routing. MAODV is flexible and efficient in dealing with topology changes and minimizing energy consumption. However, this protocol generates a large amount of service information and requires high processing power [4].

A near-universal protocol can be designed using artificial intelligence and neural networks, offering flexibility for dynamic network environments. AI-based protocols adapt to node mobility and resource availability and predict topology changes to optimize paths. They also reduce overhead, latency, and power consumption, making them ideal for resource-constrained Ad Hoc networks.

One proposed option was applying a counter-propagation neural network (CPNN), which has an input layer of simple neurons, an intermediate layer of Kohonen neurons, and a Grossberg output neurons layer. For Vehicular Ad Hoc Networks (VANETs), this approach also incorporates link breakage probability of nodes to improve data delivery. The main benefits include the ability to compute routes quickly and minimize the possibility of packet loss. However, large processing power is still required to be efficient [5].

Another solution is to employ neural networks for the classification of network conditions. This method enables one to determine which protocol (proactive, reactive, or hybrid) best suits a given condition without needing prior evaluation. The strength of this approach is that it minimizes the costs in terms of computation and offers high flexibility. However, the problem of how to build the models for specific scenarios and their sensitivity remains a key issue [6].

Another promising approach is based on the node trust assessment. Trust-Aware Reactive Ad Hoc Routing (TARA) employs neural networks to analyze metrics like Packet Delivery Ratio (PDR) to ensure that routing does not involve mistractable nodes. This, in turn, greatly enhances the security of the routing since unreliable nodes can be easily identified. The benefits of this approach include reduced data loss and improved quality transmission. As a disadvantage, the accuracy of node trust assessment relies on network stability [7].

### ***Conclusions***

The application of artificial intelligence creates new possibilities for improving the performance of Ad Hoc networks. Neural networks and the trustworthiness of node classification and evaluation algorithms make it possible to develop intelligent, energy-efficient, and dynamic routing algorithms. More research in this field is necessary to advance general protocols that will deliver reliability, high data transfer rates, and security on any network architecture as well.

## LITERATURE:

1. Dharanyadevi P. *Qualitative analysis on ad hoc routing protocols [Electronic resource]* / P. Dharanyadevi, K. Rajakumari, K. Venkatalakshmi // *Middle-East journal of scientific research*. – 2016. – Vol. 4, no. 24. – P. 1194–1206. – Mode of access: [https://idosi.org/mejsr/mejsr24\(4\)16/29.pdf](https://idosi.org/mejsr/mejsr24(4)16/29.pdf). – Title from screen.

2. Pastushenko I. *Performance evaluation of routing protocols in mobile ad hoc networks [Electronic resource]* / I. Pastushenko, L. Melnikova // *Radio electronics and youth in the 21st century, Prospects for the development of infocommunications and information and measuring technologies : materials of the 28th International Youth Forum, Kharkiv, 16–18 April 2024*. – [S. l.], 2024. – P. 37–39. – Mode of access: <https://publish.nure.ua/catalog/chapter/546/2176>. – Title from screen.

3. Astrakhantsev A. *Analysis of the characteristics of routing protocols in ad-hoc network [Electronic resource]* / A. Astrakhantsev, I. Hryshuk, S. Pedan // *Telecommunications prospects : XVIII International Scientific and Technical Conference, Kyiv, 11 July 2024*. – [S. l.]. – P. 112–114. – Mode of access: <https://conferenc-journal.its.kpi.ua/article/view/305633>. – Title from screen.

4. Belyakov R. O. *Evaluation of the effectiveness of routing protocols olsr, aodv, dsdv, maodv for special networks of the manet class [Electronic resource]* / R. O. Belyakov, O. D. Fesenko // *Visnyk of Kherson National Technical University*. – 2023. – No. 3(86). – P. 75–82. – Mode of access: <https://doi.org/10.35546/kntu2078-4481.2023.3.10> (date of access: 17.12.2024). – Title from screen.

5. Wen W. *A routing protocol based on CP neural network for vehicular ad hoc networks [Electronic resource]* / Wei Wen // *Journal of physics: conference series*. – 2020. – Vol. 1626. – P. 012019. – Mode of access: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1626/1/012019> (date of access: 17.12.2024). – Title from screen.

6. Oksiiuk O. *Analysis and choice of routing protocols in wireless ad hoc networks based on the use the neural network [Electronic resource]* / Oleksandr Oksiiuk, Vadym Krotov // *Informatyka automatyka pomiary w gospodarce i ochronie środowiska*. – 2019. – Vol. 9, no. 1. – P. 53–55. – Mode of access: <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.0921> (date of access: 17.12.2024). – Title from screen.

7. Trofimova Y. *Enhancing reactive ad hoc routing protocols with trust [Electronic resource]* / Yelena Trofimova, Pavel Tvrđík // *Future internet*. – 2022. – Vol. 14, no. 1. – P. 28. – Mode of access: <https://doi.org/10.3390/fi14010028> (date of access: 17.12.2024). – Title from screen.

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА МАРШРУТИЗАЦІЯ В АД НОС МЕРЕЖАХ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

**О. Соколов, студент**

*Харківський національний університет радіоелектроніки*

УДК 004.42

*Л.І. Леві, д.т.н., професор,*

*М.О. Шеремет, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **ЗАСТОСУВАННЯ ЧАСТОТНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ КОМПРЕСОРІВ**

Станом на сьогоднішній день досі являється актуальним питання модернізації систем керування електроприводом. На промислових підприємствах використовується значна кількість електричних двигунів із застарілим пуско-регулювальним обладнанням, яке не дозволяє керувати електроприводом у широких межах, та потребує частого технічного обслуговування.

Тривалий час керування електроприводом компресора здійснювалось у режимі «увімкнено – вимкнено» за допомогою звичайних контакторів, датчиків тиску, електроконтактних манометрів. Але для того, щоб зменшити діапазон між  $P_{\min}$  та  $P_{\max}$  доводилось збільшувати кількість включень, а через складні умови пуску значно зменшується ресурс електропривода та механізму, який він приводить у рух.

Використання тиристорного пускача (ТП), як елементу електропривода компресора є недоцільним, так як для пуску компресора необхідний значний обертальний момент, а як відомо обертальний момент асинхронного двигуна пропорційний квадрату напруги. ТП зменшує діючу напругу, а отже і пусковий момент зменшується в квадраті, тому це обладнання не підходить для пуску компресора. Навіть при використанні їх для пуску компресора електричний двигун швидко перегріється через недостатність пускового моменту (адже плавний пуск займає кілька секунд і цей час через обмотки двигуна буде протікати струм короткого замикання) і відповідно буде спрацьовувати тепловий захист двигуна, або спрацює автоматичний вимикач. Як наслідок компресор не можна буде увімкнути доти, доки двигун не охолоне, або доки черговий персонал не увімкне автоматичний вимикач. Такі варіанти недопустимі через значний час простою обладнання та необхідність втручання оперативного персоналу для відновлення роботи двигуна.

Найсуттєвіше обмеження на застосування ТП накладають принципово обмежені функціональні можливості. при зміні напруги значення критичного ковзання не змінюється, тому максимальний момент за будь-яких змін напруги відповідає значенню ковзання  $s=0,1\dots 0,2$ . Цим визначається порівняно вузький діапазон регулювання швидкості обертання валу двигуна, який може забезпечити ТП.

Тому ТП не можна застосовувати у технологічних процесах, де потрібне постійне регулювання швидкості обертання двигуна чи технологічного параметра (наприклад, тиск у трубопроводі). Для таких завдань оптимальним

рішенням є використання перетворювачів частоти, на основі яких можна модернізувати електропривод.

На час виходу частотних перетворювачів на світовий ринок їхня ціна була високою, не було широкого вибору потужності, але вони все одно швидко завоювали ринок, асортимент швидко збільшився з ростом попиту на цей клас пристроїв. Можна навіть сказати перевернули норми, які працювали десятиліттями, адже раніше асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором використовувалися лише для приводу простих агрегатів, таких як насоси, вентилятори, тобто там, де не потрібно точно регулювати технологічний параметр. А з використанням частотних перетворювачів асинхронні двигуни почали використовувати механізмах, де потрібне регулювання швидкістю обертання механізму в широкому діапазоні.

Новий клас пристроїв володіє численними перевагами, такими як: енергоефективність, регулювання швидкості, тривалий термін експлуатації, надійність, високий рівень автоматизації і має лише один недолік – високу вартість.

Це дозволить набагато точніше регулювати вихідний тиск шляхом зміни продуктивності компресора. А так, як поршневі компресори характеризуються прямо пропорційною залежністю продуктивності від швидкості обертання його механізму, використання частотного перетворювача дозволяє змінювати продуктивність в широких межах без погіршення енергетичних характеристик двигуна.

Для компресора, як суб'єкту керування частотного перетворювача, не потрібно точного визначення положення його валу в просторі, а отже економічно доцільно використати скалярний вид перетворювачів частоти.

Досягнення в мікропроцесорній техніці дозволяє об'єднувати електроприводи окремих машин і механізмів в один складний комплекс, що дає можливість автоматизувати більшість технологічних операцій, зменшити вплив «людського фактору» на виробництві, покращити ефективність керування.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. *Частотне керування асинхронним приводом: Методичні вказівки з дисципліни «Основи електропривода» для студентів напряму підготовки 6.100101 – «Енергетика та електротехнічні системи в АПК» / В.С.Ловейкін, Ю.О.Ромасевич – Ніжин: 2011. – 98 с.*

2. *Основи електропривода виробничих машин і комплексів: навч. посіб. / В.Е.Воскобойник, В.А.Бородай, Р.О.Боровик, О.Ю.Нестерова – Д.: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2021. – 254 с.*

## APPLICATION OF FREQUENCY CONVERTERS TO CONTROL THE DRIVE OF COMPRESSORS

*L. Lievi, Sc. D, Professor,*

*M. Sheremet, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 621.9

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент,*

*А.О. Ткаченко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СКРУЧУВАННЯ**

У технології виготовлення кабельно-провідникової продукції особливе місце займає технологічна операція – скручування, якість виконання якої багато в чому визначає експлуатаційні параметри готового кабельного виробу. Невід'ємною конструктивною частиною будь-якого кабелю та дроту є скручені елементи конструкції: стренга, струмопровідна жила, сердечник, які забезпечують підтримку круглої форми готового кабельного виробу. Висока якість виконання аналізованої технологічної операції визначається ефективністю та точністю роботи технологічного крутильного обладнання. Залежно від конструктивного виконання робочого вузла технологічне крутильне обладнання ділиться на: ліхтарні (клітьові), дискові, сигарні, бугельні, рамкові (литцекрутильні) та універсальні (Drum Twister) крутильні машини.

Завдяки великій різноманітності видів машин у технологічному процесі вони здійснюють як скручування стренг, заготовів кабелів та проводів з дроту та ізольованих жил, залежно від конструкції кабелю. Забезпечення ефективності технологічного процесу скручування для елемента кабельного виробу визначається параметрами технології: діаметр жили, число скручуваних жил, тип скручування, діаметр скручування, крок скручування, перетин жили, витяжка, обтиснення скрученого виробу, тягнуча сила, лінійна швидкість, вимоги до скрученої заготовки (скручування з відкручуванням/без відкручування), необхідна продуктивність по окремо взятій операції. При цьому кожен вид крутильної машини спеціалізується на виготовлення тільки одного, певного конструктивного елемента кабельного виробу.

Враховуючи той факт, що операція скручування кілька разів виконується при виготовленні номенклатурної одиниці кабельно-провідникової продукції, вирішення питання щодо підвищення ефективності аналізованої технології є актуальним завданням. Особливий інтерес у вивченні крутильного технологічного обладнання для нас представляють рамкові, литцекрутильні машини, на яких здійснюється виготовлення стренг для токоведучої жили кабельно-провідникової продукції.

Зростання вимог до технологічного процесу ставлять завдання перед виробничою службою кабельного підприємства, як освоювати нові види кабельно-провідникової продукції шляхом введення у дію нового технологічного устаткування, а й модернізацією діючого устаткування. Одним із можливих шляхів поліпшення роботи, встановленого у виробничих цехах лицекрутильного обладнання, є впровадження системи автоматизації та управління як окремою крутильною машиною, так і всією технологією в цілому [1, 2].

У цьому визначається основне завдання нашого наукового дослідження - підвищення ефективності процесу скрутки шляхом модернізації системи управління лицекрутильної машини, з допомогою розробки інтелектуальної системи, що дозволяє підвищити надійність технології загалом. Це досягається формуванням архівної пам'яті, що включає зберігання, швидкий доступ і використання інформаційної бази параметрів скрутки з урахуванням всього періоду експлуатації обладнання, оптимізація прийняття рішення та діагностика роботи електромеханічної системи виконавчих механізмів для забезпечення контролю безпеки та утримання високого рівня безаварійності роботи досліджуваного крутильного обладнання [3].

Рішення поставленої задачі шляхом розробки спеціальної системи управління (СУ), має забезпечити, в умовах високої динамічності процесу скрутки при різких змінах робочих навантажень, жорстке дотримання заданих технологічних параметрів, надійність роботи електроприводу (ЕП) та електромеханічної системи (ЕМС), точність зупинки та позиціонування робочого вузла (люльки) литцекрутильної машини.

Ефективність інтеграції СУ багато в чому залежить від правильності вибору програмно-технічних засобів: виконавчих пристроїв, контролерів, мікропроцесорів, аварійної системи. При цьому на СУ покладено функцію перетворення електричної енергії в механічну енергію, яка необхідна для застосування зовнішнього впливу з працюючої ЕМС та ЕП, згідно з розробленим алгоритмом управління. У свою чергу, контролери і мікропроцесори - забезпечують вирішення та виконання логічних завдань для всієї СУ литцекрутильної машини загалом [3-4].

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. <https://ua.jlemachine.com/stranding-machine/double-twist-machine/>
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>
3. Розробка та дослідження електромеханічних систем автоматизації та складових електропривода / М.Г.Попович, В.І.Кострицький та ін. - Навчальний посібник з грифом МОН України. – К: КНУТД, 2011. – 492 с.
4. Системи програмного та слідкуючого керування рухом [Електронний ресурс]: підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність»/ В.І.Теряєв, С.В.Король. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 150 с.

#### DEVELOPMENT OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEM OF CABLE COILING MACHINE

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate professor*

*A. Tkachenko, master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 621.34

*О.В. Шефер, д.т.н., професор,*

*О.С. Ястреба, аспірант,*

*О.С. Педченко, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **АНАЛІЗ ЧИННИКІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ЗОВНІШНІХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ У ВНУТРІШНЬОМУ ПРОСТОРІ БПЛА**

Останні дослідження показали, що використання безпілотників може істотно здешевити будівельні проекти в Україні. Дрони використовуються для тестування та оптимізації роботи бездротових мереж, включаючи 5G та майбутні покоління мереж зв'язку. Вони можуть проводити вимірювання швидкості передачі даних, якості сигналу, затримки тощо у різних районах, включаючи важкодоступні місця, що дозволяє вдосконалювати протоколи передачі даних та забезпечувати кращу якість зв'язку [1].

Під час опромінювання БПЛА навмисними електромагнітними хвилями, досягаючи корпусу літального апарату, вони проникають у його внутрішній простір, через апертури конструкції корпусу і через кабелі, що з'єднують бортове радіоелектронне обладнання. Процес проникнення та поширення випромінювання у БПЛА представлено на рис. 1.

Апаратура керування, як правило, використовує спеціалізовані обчислювачі на базі цифрових сигнальних процесорів під управлінням операційних систем реального часу.

Для передачі на пункт управління відеоданих, отриманих з бортових сенсорів, у складі БПЛА є радіопередавач, що забезпечує радіозв'язок з приймальним обладнанням. Залежно від формату зображень та ступеня їх стиснення пропускна здатність цифрових радіоліній передачі може становити одиниці-сотні Мбіт/с. З іншого боку, до складу бортових радіозасобів БПЛА повинні входити приймачі команд управління, і навіть передавачі службової (телеметричної) інформації [2].

У зв'язку з тим, що сучасні опромінювачі мають такі особливості як надширокополосність і сумісність сигналу з робочим сигналом пристрою, найчутливішою системою БПЛА до даного випромінювання є телекомунікаційна система, що забезпечує обмін даними як локально між, так із наземним пунктом управління. Системні шини є ефективними засобами обміну даними між різними бортовими пристроями системи керування БПЛА.

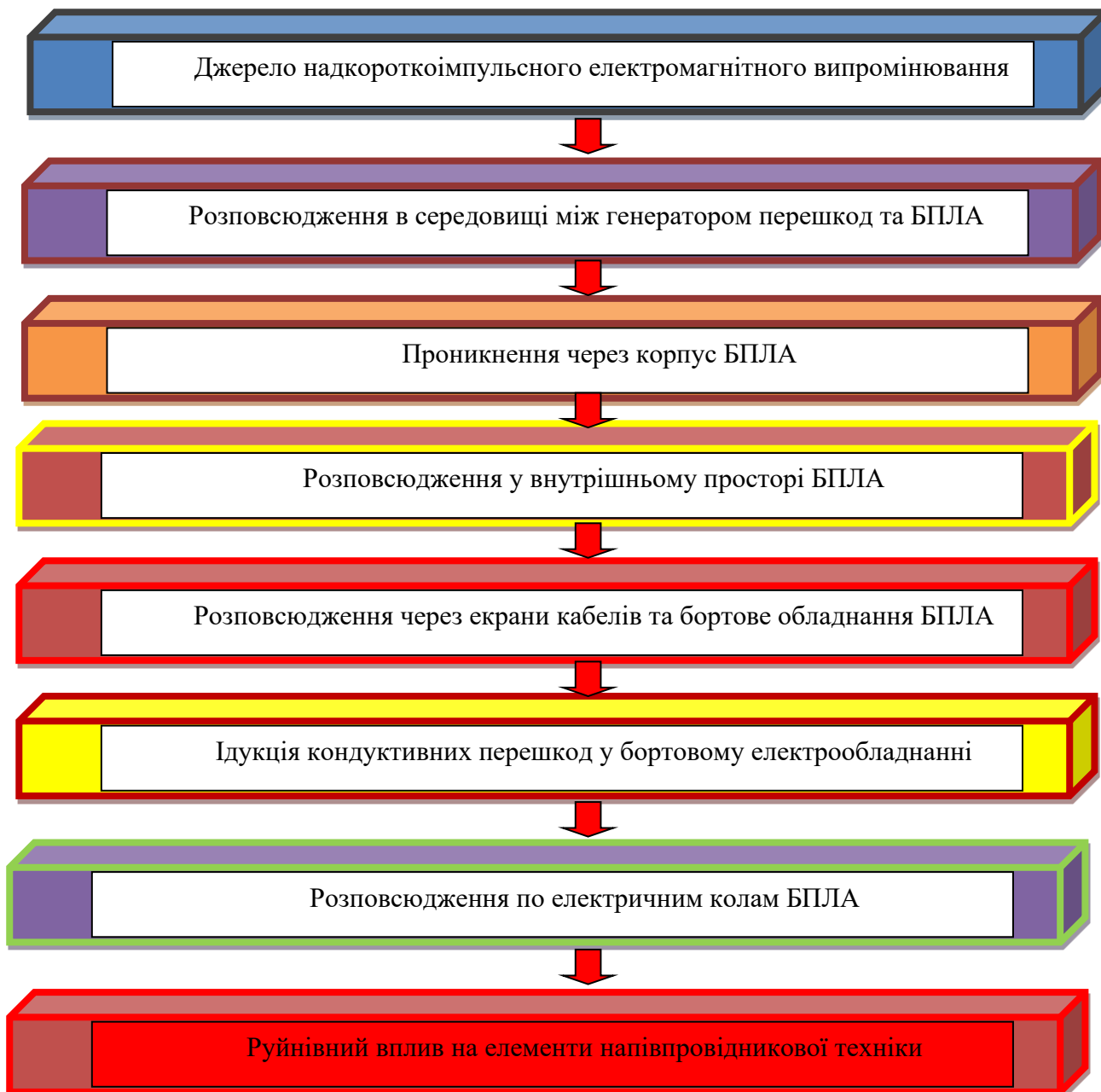


Рис. 1. Процес розповсюдження електромагнітних перешкод у внутрішньому просторі БПЛА

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Воронько І. *Області застосування безпілотних літальних апаратів* / І. Воронько, В. Воронько // *Сучасний стан проведення наукових досліджень у ІТ-технологіях, галузях електроніки, інженерії, нанотехнологіях та транспортній сфері: кол. наук. монографія.* – Вінниця, 2020. – С. 160.
2. Kohlberg I. *Functional and Communication Theory Models in Susceptibility Analysis* / I. Kohlberg, R. L Gardner // *Conference Paper, IEEE-APS/URSI International Symposium, Columbus, Ohio, 2003.*

# ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE PROPAGATION OF EXTERNAL ELECTROMAGNETIC EMISSIONS WITHIN THE INTERNAL SPACE OF UAVs

*O. Shefer, Doctor of Science, Professor,*

*O. Yastreba, PhD Student,*

*O. Pedchenko, Master's Student,*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.34**

*О.І. Євдоченко, аспірант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## ОСОБЛИВОСТІ БАГАТОПОЗИЦІЙНИХ КОДІВ РІДА - СОЛОМОНА

До кодів Ріда-Соломона (РС-коди) відносять багатопозиційні циклічні коди, які здатні виправляти помилки у блоках даних. РС-коди мають високі коригувальні властивості, для них розроблені відносно прості та конструктивні методи кодування. Коди Ріда-Соломона не є двійковими. Це треба розуміти в тому сенсі, що символами кодових слів є не двійкові знаки, а елементи множини чисел, що складається з більш ніж двох знаків (хоча, звичайно, при передачі кожен символ замінюється відповідною двійковою комбінацією). Елементами кодового вектора є не біти, а групи бітів(блоків). Значного поширення набули РС-коди, які працюють з байтами(октет). РС-коди є окремим випадком БЧХ-коду [1].

РС-коди належать до класу циклічних кодів, утворюють підгрупу блокових кодів. Вони виходять із будь-якої дозволеної комбінації шляхом циклічного зсуву її розрядів. Кодування та декодування – це обчислювальні процедури, які для циклічних кодів зручно виконувати як дії з багаточленами та реалізацію у вигляді цифрових пристроїв на базі регістрів зсуву зі зворотними зв'язками.

РС-коди забезпечують високу завадостійкість повідомлення. Широко застосовуються в сучасних телекомунікаційних і інформаційно-обчислювальних мережах. Велику популярність РС-коди здобули через здатність виявляти і виправляти як поодинокі помилки так і пакети помилок. РС-коди мають широку сферу застосування. Найпопулярнішими є застосування в споживчих технологіях (MiniDiscs, CD-, DVD-, Blu-ray диски, QR-коди), технологіях передавання даних(DSL, WiMAX, INTELSAT), технологіях цифрового телебачення (DVB-T, DVB-H) [2].

З математичного точки зору – це потужний код з високою коректувальною здатністю. Водночас алгебраїчні процедури кодування та декодування для даного коду є простими, ефективними та прозорими [3].

РС-коди мають усі властивості циклічних кодів і є окремим випадком БЧХ-кодів. Головною відмінністю РС-кодів є те, що символом виступає не двійковий елемент(один біт), а елемент поля Галуа (певна кількість бітів). РС-код будується

як систематичний циклічний  $(n,k)$ -код, причому  $n - k = 2 \times t_{\text{випр}}$ , де  $t_{\text{випр}}$  – кількість помилок, що виправляється кодом.

Можливо показати, що лінійний систематичний  $t$ -позиційний код при значенні  $t \geq 2$  не може мати кодової відстані  $d \geq n - k + 1$ . Оскільки РС-код реалізує верхню межу для мінімальної кодової відстані, то він є оптимальним серед усіх  $t$ -позиційних  $(n,k)$ -кодів у площині виявлення і виправлення помилок гарантованої кратності.

Для РС-кодів існує обмеження у виборі довжини коду  $n$ . Тому доцільно використовувати так звані вкорочені РС-коди, що мають довільну довжину  $n$ . Вкорочені РС-коди отримуються з повних РС-кодів шляхом задання частини інформаційних символів нульовими значеннями і вилученням їх з кодових блоків. Таким чином код буде вкорочений, але це не зменшить кодову відстань і тому  $(n,k)$ -код, при відповідному значенні  $n$ , матиме, як і раніше, кодову відстань  $d = n - k + 1$ . Для побудови каскадних кодів, спільно з двійковими кодами можуть бути використані і  $t$ -позиційні коди [2].

Код Ріда – Соломона є різновидом найпотужніших кодів, які здатні виправляти значну кількість пакетів помилок, які виникають у каналах передачі. Знайшли своє застосування в каналах із такою кількістю помилок, що їх неможливо виправити за допомогою кодів, які здатні виправити тільки одиничні помилки.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Reed I. S., Solomon G. *Polynomial Codes over Certain Finite Fields* // *Journal of the Society for Industrial and Applied Mathematics*, vol. 8, no. 2, 1960, p. 300–304.
2. Бурачок Р.А., Климаш М.М., Коваль Б.В. *Телекомунікаційні системи передавання інформації. Методи кодування*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015.
3. Банкет В.Л. *Сигнально-кодові конструкції в телекомунікаційних системах*. - Одеса: Фешкс, 2009. - 180 с.

## FEATURES OF MULTIPosition CODES OF REED-SOLOMON

*O. Yevdochenko, Postgraduate Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 697.644.1**

*Є.М. Заніздра, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## АНАЛІЗ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИКИ ДЛЯ ТЕПЛООВОГО ВУЗЛА КОРПУСУ

Теплові вузли є ключовим елементом систем теплопостачання, оскільки забезпечують передачу тепла від централізованих джерел теплопостачання до

споживачів. У зв'язку зі зростанням вимог до енергоефективності та надійності таких систем, впровадження сучасних автоматизованих систем управління тепловими вузлами є необхідною умовою для підвищення ефективності роботи та зниження витрат на експлуатацію.

Зростання цін на енергоносії та вимоги до зменшення викидів парникових газів створюють потребу у впровадженні енергоефективних технологій в різних галузях, зокрема у системах теплопостачання. Автоматизація теплових вузлів дозволяє оптимізувати процес споживання теплової енергії, знизити втрати тепла, покращити контроль над технологічними параметрами та експресно реагувати на зміни умов експлуатації [1].

Сучасні системи автоматизації для теплових вузлів здатні здійснювати моніторинг, контроль та регулювання температури теплоносія, витрати теплоносія, тиску в системі, а також інших параметрів. Серед популярних рішень — використання програмованих логічних контролерів (PLC), систем диспетчеризації (SCADA) та спеціалізованих сенсорів. Це забезпечує точний контроль за роботою обладнання та вчасне виявлення відхилень у роботі системи[3].

Впровадження автоматизованої системи управління тепловим вузлом має ряд суттєвих переваг:

–Енергоефективність: автоматизація дозволяє підтримувати оптимальний режим роботи, що сприяє зниженню споживання енергоресурсів та зменшенню витрат.

–Покращення надійності та безпеки: система автоматично виявляє відхилення від нормального режиму роботи та оперативно реагує на них, що підвищує безпеку та зменшує ризик аварійних ситуацій [2].

–Зручність експлуатації та обслуговування: зниження необхідності в ручному управлінні та можливість дистанційного контролю знижують навантаження на обслуговуючий персонал.

–Економічна ефективність: хоча початкові витрати на впровадження системи автоматики можуть бути значними, у довгостроковій перспективі це дозволяє знизити експлуатаційні витрати завдяки скороченню споживання енергії та зменшенню потреби в частих ремонтних роботах.

Проєкт системи автоматики для теплового вузла включає наступні етапи:

–Вибір контролера: залежно від складності системи та обсягу даних, що обробляються, обирається контролер з необхідними характеристиками.

–Інтеграція датчиків та виконавчих механізмів: Для забезпечення моніторингу та регулювання температури, тиску та витрати необхідно обрати відповідні датчики та виконавчі механізми.

–Програмне забезпечення та диспетчеризація: розробка програми для контролера та впровадження системи SCADA для віддаленого моніторингу параметрів теплового вузла.

–Проведення випробувань та налаштування системи: встановлення обладнання, тестування системи на відповідність технічним вимогам та введення її в експлуатацію.

Для оцінки економічної доцільності впровадження автоматизації розглядаються такі аспекти [3]:

–Витрати на обладнання та впровадження: включають вартість обладнання, його монтаж та налаштування.

–Оцінка економії енергоресурсів: розрахунок зниження витрат на теплову енергію завдяки більш ефективному управлінню.

–Розрахунок періоду окупності: аналіз окупності проекту на основі порівняння витрат на впровадження з економією енергоресурсів та зниженням витрат на обслуговування.

У висновку можемо зрозуміти, що впровадження автоматизованої системи управління для теплового вузла є доцільним з точки зору підвищення енергоефективності, надійності та зручності експлуатації. Попередні розрахунки свідчать про те, що інвестиції у впровадження такої системи окупляться протягом кількох років завдяки значному зниженню витрат на теплову енергію та обслуговування. Це робить автоматизацію теплових вузлів важливою складовою модернізації систем теплопостачання на сучасному етапі.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Конспект лекцій по дисципліні «Джерела теплопостачання та теплові мережі» для студентів за напрямом навчання 6.050601 «Теплоенергетика»/ Укл. Клімов Р.О., – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. – 103с.

2. Теплопостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.

3. Конспект лекцій з дисципліні «Автоматизація теплових процесів» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, Кам’янське : ДДТУ, 2019. - С.138

### ANALYSIS OF THE FEASIBILITY AND DEVELOPMENT OF AN AUTOMATION SYSTEM FOR THE HEAT EXCHANGE UNIT OF A BUILDING

*Ye. Zanizdra, Master's Student*

*National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*

**УДК 621.313**

*С.Г. Кислиця, к.т.н., доцент,*

*І.О. Вишневський, магістрант*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

### РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ І ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ В ВЕНТИЛЬНОМУ ІНДУКТОРНОМУ ДВИГУНІ

Математичне моделювання передбачає відтворення суттєвих для вирішення поставленої задачі властивостей, характеристик і зв'язків реального об'єкта

шляхом вирішення рівнянь, що описують закони електромеханічного перетворення енергії. За допомогою математичної моделі досліджується і прогнозується поведінка електромеханічної системи в різних режимах і умовах експлуатації, а також здійснюється оптимізація її параметрів з метою досягнення необхідних характеристик. Таким чином, математичне моделювання дозволяє вирішувати завдання як аналізу, так і синтезу.

Найважливішим етапом моделювання електромагнітних процесів в електромеханічній системі є розрахунок магнітного ланцюга електричної машини. Серед методів вирішення цього завдання можна виділити польові методи, засновані, наприклад, на методі кінцевих елементів (МКЕ) або методі кінцевих різниць (МКР), і методи, засновані на використанні маловузлових еквівалентних схем заміщення магнітного ланцюга електричної машини.

Використання польових чисельних методів розрахунку магнітних полів підвищує точність визначення характеристик та параметрів електричних машин. Такі методи дають можливість отримувати рішення шуканої функції в області поля для кожного конкретного випадку. У той же час, незважаючи на досягнення у створенні моделей електричних машин на базі рівнянь поля, на точність і строгість моделювання електромагнітних процесів, польові методи мають ряд недоліків. До них можна віднести: складність опису та реалізації математичної моделі, а також обробки одержуваних результатів; вимога складного комплексу програмного забезпечення та високого рівня підготовки користувача.

Головним недоліком польових методів є великі часові витрати на розрахунок магнітного поля при одному положенні ротора, що не дозволяє використовувати їх на етапі ітераційного підбору оптимальних параметрів і розмірів машини та розрахунку характеристик. Перелічені недоліки польових методів зумовлюють потребу в методах моделювання, нехай не настільки строгих, як методи теорії поля, але дозволяють без зазначених вище труднощів вирішувати широке коло проектно-конструкторських завдань з прийнятною точністю [1].

Проведений аналіз показав, що перераховані вище завдання дозволяє вирішити метод розрахунку, заснований на використанні еквівалентних схем заміщення магнітного ланцюга електричної машини. Цей метод є найпростішим з погляду реалізації та забезпечення точності, що відповідає вимогам інженерного розрахунку. Оскільки при математичному моделюванні абсолютну подобу моделі і реального об'єкта досягнуто бути не може, завдання вирішуються з різними наближеннями шляхом виявлення та обліку головних факторів і нехтування другорядними [2].

При дослідженні перехідних і електромагнітних процесів у вентильних індукторних двигунах (ДВІ) введемо ряд припущень, загальноприйнятих при моделюванні електричних машин:

- магнітне поле повітряному зазорі плоскопаралельне, тобто. не змінюється в аксіальному напрямку по довжині пакета;

- магнітне поле машини поділяється на робоче поле та поле розсіювання. Провідності шляхів потоків розсіювання постійні;

- провідність повітряного зазору під зубцем статора визначається за умови постійного розподілу магнітних потенціалів на поверхнях статора та ротора;
- ДВІ має геометричну, електричну та магнітну симетрію;
- опір напівпровідникових приладів у прямому напрямку визначається їх статичними вольтамперними характеристиками (ВАХ), а в зворотному – приймається нескінченно великим;
- крива намагнічування сталі залежить від частоти перемагнічування.

Проведений аналіз показав, що:

1. Робота ДВІ з послідовною обмоткою збудження у ряді режимів характеризується насиченим станом окремих ділянок магнітного ланцюга і несинусоїдальною формою фазних струмів (з нульовою паузою).

2. Програмна реалізація цього методу поряд з проведенням перевірного розрахунку, розрахунку інтегральних значень та часових залежностей параметрів двигуна, а також розрахунку характеристик дозволяє з урахуванням заданого критерію уточнити геометричні та обмотувальні дані електродвигуна, провести розрахунок на необхідні показники та вибрати алгоритм управління.

3. Для підвищення ефективності розрахунку ДВІ при складанні схеми заміщення магнітного ланцюга необхідно максимально використовувати магнітну, електричну та геометричну симетрію магнітопроводу.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Модельовання та оптимізація систем : підручник* [Дубовой В. М., Кветний Р.Н., Михальов О. І., Усов А. В.] – Вінниця: ПП «ТД«Едельвейс», 2017 – 804 с.

2. *Толочко О.І. Розробка моделей складних електромеханічних систем в середовищі пакета MATLAB з використанням блоків додатку віртуального фізичного моделювання Simscape* //Вісник НТУ «ХПІ». Проблеми автоматизованого електропривода. – Харків: НТУ «ХПІ», 2015, 12 (1121). – С.118-123.

#### **DEVELOPMENT MATHEMATICAL MODELS OF ELECTROMAGNETIC AND THERMAL PROCESSES IN A VALVE INDUCTION MOTOR**

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*I. Vyshnevsky, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

УДК 621.316

*І.О. Єндіяров, магістрант,*

*Н.В. Єрмілова, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **РОЗРОБЛЕННЯ ПРОЄКТУ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМУНАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ**

При зростаючих цінах на енергоносії та можливих відключеннях електроенергії відновлювані джерела енергії набувають дедалі більшої популярності. Сонячна енергетика дозволяє забезпечити стабільне електропостачання незалежно від централізованої енергомережі, що є критично важливим для багатоповерхових житлових будинків.

Географічне розміщення України має досить непогані показники щодо річної інсоляції поверхні. У середньому на всій території України значення сонячної інсоляції становить близько 1000 кВт·год на м<sup>2</sup> поверхні за рік [1]. Але це не означає, що з 1 м<sup>2</sup> сонячної панелі можна отримати 1000 кВт·год на рік, оскільки існують значні втрати при перетворенні цієї енергії, які можуть сягати 30%. Для зменшення забруднення навколишнього середовища, яке відбувається при виробництві електричної енергії, в Україні було прийнято рішення заохочувати вироблення сонячної електроенергії юридичними та фізичними особами, тобто запроваджено так званий «Зелений» тариф, який діятиме до 2030 року. Дуже важливим є те, що під час військового стану можливі аварійні відключення подачі електроенергії протягом тривалого часу, тому буде припинена робота ліфтових установок, аварійного освітлення сходових клітин, внутрішньо-домових переговорних пристроїв передачі даних. Внаслідок цих причин дана робота є дуже актуальною.

Розроблення проєкту сонячної електростанції (СЕС) включає кілька етапів роботи:

### **1. Аналіз електричного навантаження та споживання енергії будинком**

В роботі було проведено аналіз електроспоживання та пікових навантажень для визначення необхідної потужності сонячної електростанції (СЕС) з урахуванням сезонних коливань. Було виявлено, що споживання комунального навантаження одного під'їзду складає 5700 кВт·год в місяць. Передбачається, що для безперебійного електропостачання комунального навантаження одного під'їзду потрібно 5,9 кВт. В будинку п'ять таких під'їздів, у кожного проєктується власна система безперебійного електропостачання комунального навантаження.

### **2. Вибір та проєктування елементів СЕС**

В результаті розрахунку навантажень для реалізації проєкту обрано монокристалічні фотопанелі типу Longi Solar LR7-72HGD-600M 600Вт двостороння [2]. Визначено оптимальне розташування панелей на даху будинку

для максимального захвату сонячного випромінювання. Обрано гібридний інвертор типу Rayssa 48 В, потужністю 8600 Вт, на струм 150 А, розроблено схему підключення інверторів для ефективного перетворення та передачі енергії.

### 3. Акумуляування та управління енергією

Було розраховано, що для надійного електропостачання на кожен під'їзд необхідно мати 8 літій-залізо-фосфатних акумуляторів типу Керworth LiFePO<sub>4</sub> 48V/100AH (5100W\*h) з великою ємністю для забезпечення живлення в умовах недостатнього освітлення та при тривалих відключеннях мережевої напруги. Розроблено систему управління, що забезпечує безперебійне постачання електроенергії за рахунок акумуляування надлишків.

### 4. Економічне обґрунтування проєкту

Проведено аналіз вартості встановлення, обслуговування та експлуатації СЕС, а також розраховано термін окупності, який складає близько 5 років. Дослідження показало економічну доцільність впровадження проєкту у багатоповерхових житлових будинках.

### 5. Результати та висновки

Розроблений проєкт СЕС здатний забезпечити безперебійне енергопостачання з урахуванням потреб комунального навантаження багатоповерхового будинку [3]. Проєкт має перспективу впровадження в житлових комплексах для зниження залежності від центрального електропостачання.

## ЛІТЕРАТУРА:

1. PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) Інструмент для розрахунку потенціалу сонячної енергетики в будь-якому регіоні [Електронний ресурс] – режим доступу: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/)

2. Типи сонячних панелей [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.scribd.com/document/476019352/2nd-half/>

3. Solar Power Europe. Глобальна платформа з даними, рекомендаціями та стандартами в галузі сонячної енергетики [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.solarpowereurope.org/>

4. NREL (National Renewable Energy Laboratory) Джерело наукових досліджень та симуляцій у галузі відновлюваної енергетики [Електронний ресурс] – режим доступу: <https://www.nrel.gov/>

## **DEVELOPMENT OF THE SOLAR POWER PLANT PROJECT TO ENSURE UNINTERRUPTED ELECTRICITY SUPPLY OF THE MUNICIPAL LOAD FOR A MULTI-STOREY BUILDING**

*I. Yendiyarov, Master's Student,*

*N. Yermilova, PhD (Engineering), Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ БАГАТОМОТОРНОГО ВЗАЄМОПОВ'ЯЗАНОГО ШАРОВОГО КОНВЕЄРУ

Під автоматизованою конвеєрною лінією розуміється така лінія, конвеєри в якій об'єднані загальною системою управління, що забезпечує дотримання необхідних блокувань та захистів, а також автоматичну реалізацію законів пуску, зупинки та ситуацію, що передують запуску конвеєрної лінії [1].

В даний час для управління конвеєрами та їх лініями з метою контролю технологічних параметрів використовуються як окремі пристрої, і комплексна апаратура автоматизації конвеєрних ліній.

У конвеєрних лініях використовують ряд електродвигунів. Такі, як асинхронний двигун (АД) із КЗ-ротором, АД із фазним ротором, синхронний електродвигун. Для регулювання швидкості однодвигунного приводу конвеєра застосовуються додаткові реостати механічні чи регульовані електричні і гідравлічні муфти. Синхронний електродвигун (СД) у конвеєрних лініях використовується рідко через складність його запуску. Тому застосовують систему пуску головного двигуна (синхронний двигун) за допомогою допоміжного (асинхронного). При збільшеній довжині конвеєрів використовують багаторуховий привід. Для цього застосовують приводні станції. Це дозволяє позбавитися від вагомих напруг у механізмах, перевантаження ділянок, зменшити габарити тягового органу та величину тягових зусиль.

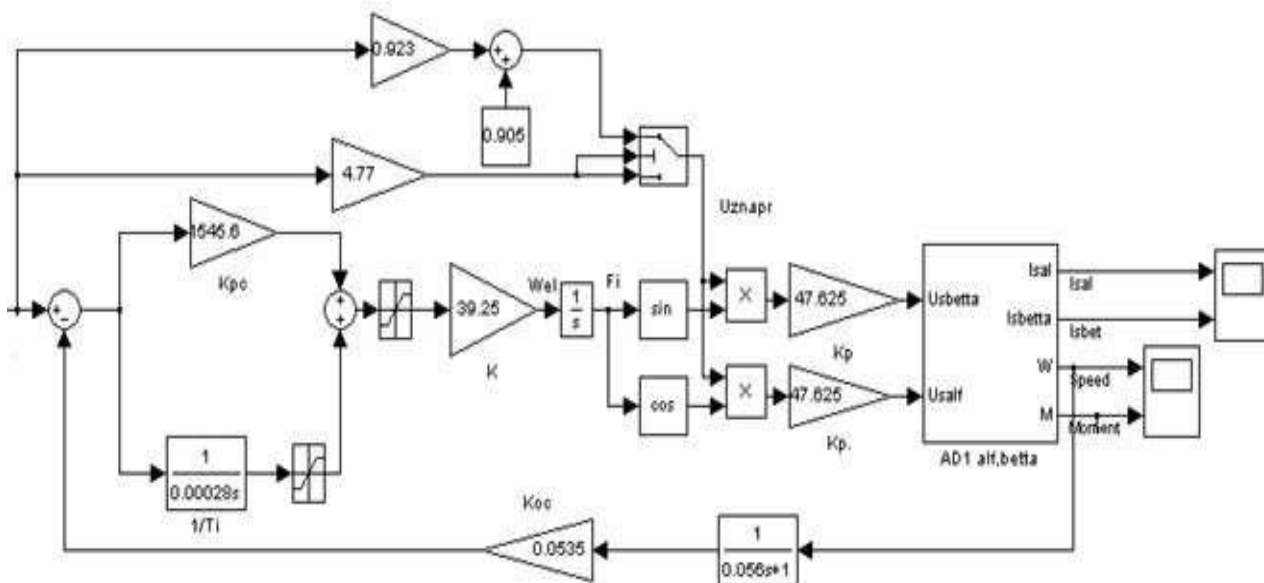


Рис. 1. Схема моделі електроприводу в MatLab

У проектуваному конвеєрі розглядаємо систему – електропривод змінного струму з частотним перетворювачем інверторного типу (ПЧІ-АД). Вона найбільше відповідає умовам експлуатації. З метою управління роботою двигуна було обрано перетворювач 075HF фірми Hitachi серії SJ300. Для захисту перетворювача з боку змінної напруги було встановлено автоматичний вимикач АЕ2043М-100 з номінальним струмом 40А. Моделювання динамічних процесів проводилося з використанням ЕОМ в MatLab/Simulink [2].

В результаті проведених досліджень було вирішено низку актуальних завдань. При розробці системи електроприводу стрічкового конвеєра застосовано використання коригувальних пристроїв ЕП, що забезпечують зниження негативних впливів, зумовлених наявністю пружного елемента, в механічній частині це дозволяє максимально знижувати динамічні навантаження та пригнічувати пружні коливання для аналізованого та аналогічних механізмів, з метою підвищення довговічності елементів ходової частини та стрічки.

Матеріали роботи дозволяють сформулювати такі основні висновки:

– створено математичну модель, яка дозволяє дослідити натяг стрічки у пускових режимах для виключення пробуксування, так і здійснити дослідження впливу параметрів цього об'єкта на спектр його власних частот;

– розроблено алгоритм системи керування стрічковим конвеєром на базі промислового контролера. Система управління електроприводом стрічкового конвеєра при використанні алгоритму придушення пружних коливань у програмному забезпеченні здатна забезпечити оптимальні мінімальні значення пружного моменту, при використанні режиму адаптації.

### ЛІТЕРАТУРА:

1. Грабко В. В. Системи керування електроприводами. Розрахунок системи підпорядкованого керування електроприводом стрічкового конвеєру. Курсове та дипломне проектування, навчальний посібник / Грабко В. В., Розводюк М. П., Грабко В. В. – Вінниця : ВНТУ. – 2010. – 89 с.

2. Моделювання електромеханічних систем: Підручник /Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с.

### RESEARCH OF THE ELECTRIC DRIVE OF A MULTI-MOTOR INTERCONNECTED BALL CONVEYOR

*S. Kyslytsia, PhD (Engineering), Associate Professor,*

*R. Kovgan, Master's Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

**УДК 621.314.2**

*О.А. Мешко, магістрант,*

*Н.В. Єрмілова, к.т.н., доцент*

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*

## **РОЗРОБЛЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ ЗАЗЕМЛЕННЯ ДЛЯ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

Електрика застосовується у багатьох сферах людської діяльності і для того, аби її доставити до безпосередніх споживачів, використовуються численні системи кабелів та проводів, протягнутих у повітрі, в землі або по спеціальним кабельним спорудам. Ці проводи та кабелі формують лінії електропередачі (ЛЕП). ЛЕП мають різні особливості, залежно від типу, напруги та умов експлуатації. Вибір між повітряними і кабельними лініями залежить від конкретних вимог і обставин, таких як відстань передачі, вартість, надійність і вплив на навколишнє середовище.

Заземлювачі є критично важливими елементами електричних установок і систем блискавкозахисту, що забезпечують безпечну роботу електричних мереж. Їх основне завдання – забезпечити безпечне відведення електричних струмів у землю для запобігання ураженню людей електричним струмом, захисту електрообладнання від перенапруг і стабілізації роботи електричних систем [1].

Різноманіття типів заземлювачів (за конструкцією, матеріалом і способом встановлення) дозволяє обирати оптимальні рішення залежно від специфіки об'єкта, типу ґрунту і кліматичних умов.

Використання сучасних матеріалів, таких як мідь, оцинкована сталь або сталевалюмінієві сплави, сприяє підвищенню ефективності та довговічності систем заземлення [2]. Дотримання національних і міжнародних стандартів забезпечує безпечну експлуатацію електроустановок і ефективний захист інфраструктури.

Таким чином, правильний вибір і проектування систем заземлення є ключовим фактором у забезпеченні ефективної роботи електричних мереж у різних умовах експлуатації. Подальший розвиток технологій сприятиме створенню більш надійних і економічних рішень для потреб сучасної електроенергетики.

В роботі була поставлена мета знайти сучасні методи розрахунку заземлюючих пристроїв, дослідити залежності питомого електричного опору ґрунту від вологості та температури, також дослідити імпульсні опори заземлювачів повітряних ЛЕП та розрахувати імпульсний опір залізобетонних фундаментів опору повітряних ліній.

Практичною цінністю дослідження є те, що результати роботи дозволять розробити ефективніші методи розрахунку заземлюючих пристроїв, що зменшить витрати на їх проектування та будівництво, а також покращить їх надійність в експлуатації. Також вивчення імпульсних опорів заземлювачів сприятиме підвищенню захисту електроустановок від наслідків коротких

замикань та блискавкових розрядів, що зменшить ризики для людей, тварин і обладнання.

Дослідження залежності питомого електричного опору ґрунту від вологості та температури дозволить враховувати регіональні особливості ґрунтів та клімату, забезпечуючи оптимальну роботу заземлюючих пристроїв навіть у складних умовах (наприклад, у посушливих або морозних регіонах) [3].

Отримані результати можуть бути використані при будівництві нових повітряних ЛЕП, реконструкції існуючих мереж, а також у модернізації застарілих заземлюючих систем, що сприятиме зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності енергопостачання. Удосконалення систем заземлення сприятиме зменшенню втрат електроенергії, що позитивно вплине на екологію за рахунок зменшення непродуктивного споживання енергії.

Результати роботи можуть бути використані для уточнення норм та стандартів, які стосуються проектування і будівництва систем заземлення, що забезпечить їх відповідність сучасним вимогам електробезпеки.

Отримані дані допоможуть обґрунтувати використання нових матеріалів або комбінованих конструкцій (наприклад, сталевалюмінієвих заземлювачів) для забезпечення ефективного заземлення при зниженні витрат. Розроблені методики можуть бути адаптовані для об'єктів із підвищеними вимогами до безпеки, таких як енергетичні підприємства, медичні установи, дата-центри або військові об'єкти.

Ці практичні аспекти підкреслюють важливість проведеного дослідження для енергетичної галузі України та інженерної практики.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Кунцевич, О. О. Системи заземлення в енергетиці: принципи проектування та експлуатація. – Київ: Вид-во «Техніка», 2018. – 320 с.
2. Мороз, В. І., Рибак, П. М. Електробезпека та заземлення в електроустановках. – Харків: Вид-во «Основа», 2020. – 45 с.
3. Карпенко, Д. А. Методи розрахунку імпульсних опорів заземлювачів у ґрунтах різної провідності. – Львів: Вид-во «Політехніка», 2019. – 78 с.

#### DEVELOPMENT AND RESEARCH OF GROUNDING SYSTEMS FOR OVERHEAD POWER LINES

*O. Meshko, Master's Student,*

*N. Yermilova, Ph.D., Associate Professor*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## **СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ВЕРСТАТІВ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ПРИ ОБМЕЖЕННЯХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

Системи числового програмного управління (ЧПУ) забезпечують високу точність та гнучкість у керуванні верстатами, що робить їх незамінними у сучасному виробництві. Вони складаються з апаратного забезпечення (контролери, датчики, приводи) та програмного забезпечення, що дозволяє створювати та виконувати складні програми обробки матеріалів [1].

Робота сучасних верстатів ЧПУ потребує стабільного електропостачання, оскільки нестабільність напруги або короточасні збої можуть призвести до втрати даних, аварійного завершення процесу або пошкодження обладнання. Для забезпечення роботи верстатів за умов нестабільного електропостачання використовуються додаткові системи енергозабезпечення [2].

ДБЖ є важливим компонентом системи керування верстатів при обмеженнях електропостачання. Вони забезпечують стабільну напругу та захист обладнання від перепадів напруги, дозволяючи продовжувати роботу або коректно завершити виробничий цикл у разі повного відключення електроенергії [3].

Сучасні системи керування підтримують режими енергозбереження, які автоматично знижують споживання електроенергії під час простоїв або виконання менш енергоємних операцій. Використання ПЛК, таких як Allen-Bradley CompactLogix 5380, дозволяє оптимізувати енергоспоживання верстатів без шкоди для продуктивності [4].

Для роботи у складних умовах з нестабільним електропостачанням використовуються генератори або резервні батареї, які інтегруються із системами ЧПУ. ПЛК забезпечує автоматичне перемикання на резервні джерела живлення, що мінімізує час простоїв [5].

Деякі сучасні виробництва інтегрують системи керування ЧПУ з відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі або вітрогенератори. ПЛК у таких системах дозволяє оптимізувати розподіл енергії між споживачами та забезпечити стабільну роботу верстатів [6].

Інтелектуальні системи керування, які базуються на алгоритмах машинного навчання, дозволяють передбачати можливі збої у електропостачанні. Це дозволяє заздалегідь налаштувати роботу верстатів у менш енергоємних режимах або планувати технічні паузи [7].

Використання сучасних систем ЧПУ та ПЛК дає можливість не лише забезпечити стабільну роботу обладнання за умов обмеженого електропостачання, але й зменшити загальні витрати енергії, підвищити надійність процесів та зменшити ризики аварійних зупинок [8].

## ЛІТЕРАТУРА:

1. Попович Н.Г., Гаврилюк В.А., Ковальчук А.В. *Елементи автоматизованого електроприводу.* – К.: НМКВО, 2000. – 260 с.
2. Siemens AG. "SIMATIC Controllers." Режим доступу до ресурсу: <https://new.siemens.com>.
3. Rockwell Automation. "Allen-Bradley PLCs." Режим доступу до ресурсу: <https://www.rockwellautomation.com>.
4. Mitsubishi Electric. "MELSEC iQ-R Series." Режим доступу до ресурсу: <https://www.mitsubishielectric.com>.
5. Schneider Electric. "Modicon PLCs." Режим доступу до ресурсу: <https://www.se.com>.
6. OMRON Corporation. "Sysmac Automation Platform." Режим доступу до ресурсу: <https://automation.omron.com>.
7. Beckhoff Automation. "TwinCAT and PC-based control." Режим доступу до ресурсу: <https://www.beckhoff.com>.
8. Bolton, W. *Programmable Logic Controllers.* Newnes, 2015. ISBN: 9780081006269.

## **MACHINE CONTROL SYSTEMS AND THEIR USE WITH ELECTRICAL SUPPLY LIMITATIONS**

*V. Pushkar, Student*

*National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*

## АЛФАВІТНИЙ ВКАЗІВНИК

Автор	Сторінки	Автор	Сторінки
Белей Р.А.	68	Марченко О.С.	43
Бікчентаєв М.О.	8	Марчук А.В.	41, 74
Боровик А.С.	87	Мельник Є.О.	78
Боряк Б.Р.	8	Мешко О.А.	116
Брижак К.К.	14	Мигаль С.В.	49
Бунякіна Н.В.	83	Митрофанов П.Б.	30
Вишнеський І.О.	109	Михайленко В.О.	63
Вітченко Є.В.	79	Обілець М.В.	39
Войтенко А.С.	14	Остепенко А.І.	66
Волоський С.В.	92	Панич В.В.	37
Галай В.М.	43, 72	Пантелєєв В.О.	35
Голубцов С.С.	90	Пащенко А.В.	81
Гребенюк Б.С.	68	Педченко О.С.	104
Губіцький М.М.	64	Першін М.Ю.	83
Демус С.І.	54	Петряєва О.Б.	85
Дзюбан О.С.	16, 76	Плешкань Д.П.	72
Дрючко О.Г.	24, 51, 68, 83	Плюйко І.П.	56
Дюдюк І.М.	47	Погрібняченко Д.А.	68
Євдоченко О.І.	106	Польцер С.В.	14
Єндіяров І.О.	112	Пушкарь В.В.	118
Єрмілова Н.В.	22, 33, 112, 116	Романенко В.І.	45
Заніздра Є.М.	107	Руденко В.В.	11
Захарченко Р.В.	30, 39	Сілін І.	62
Зоць Я.О.	56	Слепченко Н.М.	58
Іванов О.А.	22	Соколов О.	97
Індик С.В.	37, 63	Соловійов П.В.	94
Капітон А.М.	16, 76	Сухорєбрий О.В.	51
Качан М.В.	83	Талибов Р.М.	16, 76
Качуровський Б.В.	28	Тітов В.О.	33
Кислиця Д.В.	19	Ткаченко А.О.	102
Кислиця Є.В.	85	Токар Л.О.	94
Кислиця С.Г.	14, 19, 54, 58, 66, 79, 87, 102, 109, 114	Удовик С.С.	24, 60
Ковган Р.М.	114	Федоренко А.С.	89
Кожушко Г.М.	19	Фещенко Д.О.	68
Криворот А.І.	30	Фомін О.С.	18, 21, 47
Куденко О.О.	51	Шеремет М.О.	100
Леві Л.І.	28, 100	Шефер О.В.	24, 45, 49, 56, 81, 104
Лисечко В.	62	Штанько І.А.	83
Малород В.О.	30	Штомпель М.А.	92
		Ястреба О.С.	104

Наукове видання

Збірник наукових праць за матеріалами X Всеукраїнської науково-практичної  
конференції  
«ЕЛЕКТРОННІ ТА МЕХАТРОННІ СИСТЕМИ: ТЕОРІЯ, ІННОВАЦІЇ,  
ПРАКТИКА»

---

Дизайн і комп'ютерна верстка  
Відповідальний за випуск

*Боряк Б.Р.*  
*Шефер О.В.*

Оригінал-макет виготовлено на кафедрі автоматики, електроніки та  
телекомунікацій  
Національного університету  
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»