

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра енергозберігаючих технологій та енергетичного менеджменту

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ
РЕЗЕРВНИМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми
навчання освітнього ступеня «Магістр»,
освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

_____ **Олександр РОМАНЮК**

Керівник: канд. екон. наук, доцент

_____ **Андрій ПЕЧЕНЮК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2024 р.

Гарант освітньої програми)

«Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

м. Кам'янець-Подільський, 2024 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ	
1.1. Суть автоматизації виробництва в сучасних умовах.....	5
1.2. Алгоритм автоматизації виробничого процесу.....	9
Висновки до розділу 1.....	12
Розділ 2. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСІВ В ЕНЕРГЕТИЦІ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ЗАВДАННЯ	
2.1. Тенденції цифрової трансформації енергетики.....	13
2.2. Формування Європейської політики у сфері цифрової трансформації.....	14
2.3. Цифровізація енергетичного сектора.....	16
2.4. Цифровізація енергетичних компаній.....	17
2.5. Цифрові електричні мережі.....	18
2.6. Цифровізація енергетичних співтовариств та ринків електричної енергії.....	20
2.7. Нормативне забезпечення Smart Grid, як складова цифрової трансформації в Україні.....	22
Висновки до розділу 2.....	24
Розділ 3. СУТНІСТЬ КОМБІНОВАНИХ АВТОНОМНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК	
3.1. Перспективи застосування комбінованих автономних систем електропостачання.....	25
3.2. Основні складові комбінованих систем електропостачання (CASE).....	27
3.3. Основні функції підсистем комбінованого електропостачання (CASE).....	28
Висновки до розділу 3.....	40
Розділ 4. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ РЕЗЕРВНИМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ	
4.1. Розробка структури автоматизованої системи керування резервним електроживленням.....	42
4.2. Вибір елементної бази автоматизованої системи керування резервним електроживленням.....	45
4.3. Вибір програмного забезпечення для проектування.....	49
4.4. Опис принципової схеми.....	53
Висновки до розділу 4.....	60
Розділ 5. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ РЕЗЕРВНИМ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯМ.....	62
Висновки до розділу 5.....	64
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	68
ДОДАТКИ	

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промислових підприємств, комунальних служб та інфраструктурних об'єктів безперебійне постачання електричної енергії є важливим фактором для забезпечення їх ефективної роботи. Несподівані відключення від основного джерела живлення можуть призвести до значних економічних збитків, збоїв у роботі обладнання та навіть до повного припинення діяльності підприємств. Тому одним із ключових аспектів у забезпеченні безперебійного енергопостачання є використання резервних джерел живлення.

Автоматизація процесу керування резервним електроживленням дозволяє значно підвищити надійність і оперативність у переході на резервні джерела енергії в разі відмови основного живлення. Вона забезпечує швидке виявлення проблем у енергомережі, автоматичне перемикання на резервні джерела та відновлення живлення без участі людини, що знижує ймовірність помилок та підвищує ефективність використання енергетичних ресурсів.

Процес автоматизації таких систем включає не тільки вибір і налаштування відповідних компонентів, але й розробку програмного забезпечення, яке дозволяє здійснювати моніторинг і контроль за станом живлення, з урахуванням вимог до безпеки та технічних характеристик. У рамках цієї кваліфікаційної роботи буде розглянуто процес проектування та реалізації автоматизованої системи керування резервним електроживленням, що включає як технічні, так і програмні рішення для забезпечення безперервної роботи енергетичних систем.

Метою цієї роботи є розробка автоматизованої системи, що забезпечує ефективне і надійне керування резервним електроживленням для різноманітних об'єктів, а також дослідження сучасних технологій та методів, які можуть бути впроваджені для поліпшення роботи таких систем у майбутньому.

Об'єктом дослідження є процес керування резервним електроживленням в енергетичних системах, зокрема автоматизовані системи керування, що забезпечують безперебійне електропостачання в разі відключення основного джерела живлення.

Предметом дослідження є технології та методи автоматизації процесу керування резервним електроживленням, включаючи вибір елементної бази, розробку алгоритмів для автоматичного перемикавання джерел живлення, а також застосування програмного забезпечення для моніторингу та управління енергетичними системами.

При підготовці цієї роботи були використані такі **методи дослідження**: аналіз літератури – вивчення наукових та технічних джерел для виявлення сучасних тенденцій та технологій у сфері автоматизації процесів керування резервним електроживленням; метод моделювання – розробка та симуляція автоматизованих систем для оцінки ефективності та надійності різних рішень; метод проектування – створення схеми автоматизованої системи керування резервним живленням, вибір компонентів та їх інтеграція в систему; експериментальний метод – проведення тестувань та перевірок працездатності запропонованих систем для виявлення можливих недоліків і покращення їх роботи. Ці методи дозволяють забезпечити комплексний підхід до вирішення завдань автоматизації керування резервним електроживленням.

Матеріали роботи **апробовані** на IV Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2024 року) та на засіданні кафедри під час попереднього захисту дипломної роботи.

ВИСНОВКИ

1. У сучасних умовах стабільне електропостачання є критично важливим для забезпечення безперебійної роботи різноманітних об'єктів, таких як промислові підприємства, лікарні, банки та інші інфраструктурні об'єкти. Аварії або перебої в електропостачанні можуть призвести до значних економічних втрат і безпеки. Тому автоматизація процесу керування резервним електроживленням є важливим кроком для підвищення надійності систем електропостачання, що було детально досліджено в роботі.

2. Важливим результатом роботи стало визначення та опис структури автоматизованої системи керування резервним електроживленням, яка забезпечує автоматичне перемикання між основним і резервним джерелами живлення в разі збоїв. Це дозволяє не тільки забезпечити безперебійне енергопостачання, але й мінімізувати людський фактор в процесі управління. Основним компонентом системи є резервні джерела живлення, автоматичні вимикачі, механізми перемикання та контролери, які спільно забезпечують функціонування системи з високою надійністю.

3. В роботі було ретельно проаналізовано та вибрано елементну базу для автоматизованої системи, зокрема пристрої автоматичного введення резерву (АВР) та генератори, які гарантують безперебійне живлення навіть у випадку повного відключення основного джерела живлення. Вибір якісних компонентів, що відповідають міжнародним стандартам, є важливою умовою для забезпечення стабільної та безпечної роботи системи. Завдяки цьому забезпечується стабільність і безпека енергопостачання навіть у випадку серйозних аварій.

4. Одним із важливих напрямків дослідження є інтеграція сучасних технологій у процес автоматизації, зокрема використання Інтернету речей (IoT) та систем моніторингу в реальному часі для віддаленого управління та контролю. Такі технології дозволяють отримувати дані про стан системи та здійснювати необхідні коригування без присутності оператора, що значно покращує ефективність і оперативність реагування на збої в електропостачанні.

Вдосконалення алгоритмів управління, прогнозування навантаження та інтеграція з іншими автоматизованими системами є важливими напрямками подальших досліджень.

5. Автоматизація процесу керування резервним електроживленням дозволяє значно знизити витрати на обслуговування та зменшити ймовірність виникнення аварійних ситуацій, що призводять до зупинок виробничих процесів. Вдосконалені системи автоматизації також здатні зменшити вплив людського фактору, що підвищує надійність і швидкість реагування на відключення електропостачання. В цілому, автоматизація дозволяє не тільки підвищити ефективність роботи енергосистем, але й значно скоротити витрати, пов'язані з управлінням резервними джерелами живлення.

6. У результаті проведеного дослідження було розроблено ефективну модель автоматизації процесу керування резервним електроживленням, що забезпечує безперебійне та надійне енергозабезпечення в умовах аварій або збоїв. Вибір оптимальних компонентів і систем, застосування сучасних технологій управління та моніторингу, а також інтеграція з іншими автоматизованими системами дозволяють підвищити ефективність, безпеку і надійність таких систем. Впровадження таких рішень стане важливим кроком до покращення енергетичної стабільності в різних галузях економіки та зменшення ризиків для важливих об'єктів інфраструктури.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Блінов І., Денисюк С. Цифрова трансформація в електроенергетиці: світові тенденції, особливості реалізації в ОЕС України та заходи щодо впровадження сучасних європейських та міжнародних стандартів у сфері розвитку «розумних мереж». URL: <https://cigre.org.ua/wp-content/uploads/2023/11/Блінов-Денисюк-доповідь-СІГРЕ-3.pdf>.
2. Бойчук Н.Я., Острянюк М.М. Проблеми енергозбереження та підвищення енергоефективності економіки України. *Сучасні проблеми економіки і підприємництва*. 2017. Випуск 19. С 25-34
3. Бондар Т.В., Сагер Л.Ю., Тимошенко В.Ю. Дослідження факторів впливу на інтенсивність процесів поширення інноваційних технологій в енергетичному секторі. *Вісник СумДУ. Серія «Економіка»*. 2022. №3. С. 67-72.
4. Боумен Р. Тренди енергетики та зміни клімату. URL: <https://drukarnia.com.ua/articles/trendi-energetiki-ta-zmini-klimatu-jPWYA>.
5. Булах О. Енергоефективність – від тренду до реалій життя. URL: <https://www.kunsht.com.ua/articles/enerhoefektyvnist-vid-trendu-do-realiy-zyttia>.
6. Величко В. EnergyTech для України: як сучасні технології можуть допомогти побудувати захищену та сучасну енергосистему. PRO-IT. URL: <https://proit.ua/energytech-dlia-ukrayini-iaak-suchasni-tiekhnologhiyi-mozhut-dopomoghti-pobuduvati-zakhishchienu-ta-suchasnu-ienierghosistiemu/>.
7. Діджиталізація в енергетиці – можливості та технології. AVENSTON. URL: <https://avenston.com/articles/digitalization-in-the-energy-sector/>.
8. Дмитренко Е.Д., Кириленко О.М. Проблеми підвищення енергоефективності та енергозбереження України. *Проблеми підвищення ефективності інфраструктури*. 2020. №38. С. 60-63.
9. Дубовський О. Трансформація енергетичних ринків: нові рамки перебудови та що нас чекає. Економічна правда. URL: <https://epravda.com.ua/columns/2023/11/21/706812/>.

10. Ємельянов О.Ю., Рудіна І.А. Проблеми енергозбереження та шляхи їх вирішення в системі формування інноваційної структури. *Формування інноваційної інфраструктури в умовах європейського вектору розвитку національної економіки*. URL: <https://ena.lpnu.ua:8443/server/api/core/bitstreams/2f497ebd-7b20-46a6-9ed7-58a0ba408dd2/content>.
11. Жаркін А.Ф. Енергетика України: сучасний стан, перспективи відновлення та розвитку. *Вісник НАН України*. 2023. №5. С. 38-40.
12. Інтернет речей в енергетиці: у чому користь? *KYIVSTAR-HUB*. URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/internet-rechej-v-energeticzi-u-chomu-koristi>.
13. Іскаков А.А., Кобушко І.М. Енергоефективність національної економіки в контексті її еколого-економічної безпеки. *Міжнародний науковий журнал Механізм регулювання економіки*. 2016. №3. URL: http://mer.fem.sumdu.edu.ua/index.php?cmd=view_issue&issue_id=30.
14. Карпалюк І.Т. Комп'ютерні інформаційні технології в енергетиці. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2023. 118 с.
15. Кириленко О., Денисюк С., Блінов І. Цифрова трансформація енергетики: сучасні тенденції та завдання. *Праці Інституту електродинаміки Національної академії наук України*. 2023. Вип. 65. С. 5-14.
16. Кириленко О.В. Заходи та засоби перетворення енергетики України на інтелектуальну екологічно безпечну систему. *Вісник НАН України*. 2022. №3. С. 18-23.
17. Кириленко О.В., Жуйков В.Я., Денисюк С.П. Використання динамічної тарифікації для оптимізації техніко-економічних показників Microgrid на локальних ринках електроенергії. *Техн. електродинаміка*. 2022. №3. С. 37-48.
18. Кільницький О. Енергетичні тренди: в які проекти варто інвестувати кошти. *Mind*. URL: <https://mind.ua/publications/20190743-energetichni-trendi-v-yaki-proekti-var-to-investuvati-koshti>.

19. Кириленко О.В., Денисюк С.П. Сучасні тенденції побудови та керування режимами електроенергетичних мереж. *Energy saving. Power engineering. Energy audit*. 2014. №9. С. 82-94.
20. Копилов М. Світові ноу-хау в енергетиці. AW-Therm. URL: <https://aw-therm.com.ua/svitovi-nou-hau-v-energetici/>.
21. Криволап К. Українська енергосистема 2023-2024: проблеми, виклики та перспективи. Рубрика. URL: <https://rubryka.com/blog/ukrayinska-energosystema/>.
22. Кубишина Н.С., Цапук О.Ю. Впровадження інноваційних розробок в енергозбереженні як засіб підтримання енергетичної безпеки України. *Lviv Polytechnic National University Institutional Repository*. 2022. С. 429-433. URL: <http://ena.lp.edu.ua>
23. Лисенко В.П., Головінський Б.Л., Голуб Б.Л., Руденський А.А. Методи і засоби сучасного автоматизованого управління. Навчальний посібник. – Київ: НУБІП, 2022. – 76 с.
24. Некрасов В. 13 найцікавіших технологічних розробок: чим здивував людство 2021 рік. Економічна правда. URL: <https://epravda.com.ua/publications/2021/12/25/680988/>.
25. Нові горизонти: як українська енергетика використовує цифрові технології. DTEK. URL: <https://dtek.com/media-center/news/skachok-tsivilizatsii-kak-tsifrovye-tekhnologii-menyayut-energeticheskuyu-otrasl-ukrainy/>.
26. Полухін А.В., Ткачова Н.М., Лукашевич Я.П., Чернявський А.В. Актуальні питання процесів енергетичної безпеки України. 2023. №18. URL: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.7794873>.
27. Полянська А.С. Цифровізація в сфері енергетики: тренди та проблеми. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/23595/1/Upravlinnia%20rozvytkom%20sotsialno-ekonomichnykh%20system_8.10.2020-9.pdf.

28. Сакала М. Цифровізація у сфері енергетики. URL: <http://188.190.43.194:7980/jspui/bitstream/123456789/12487/1/ЕВЕСП-23-424-426.pdf>.

29. Сахно Є.Ю., Калінько І.В., Двоєглазова М.В. Побудова структури інформаційного центру управління проектами електроенергетичної галузі. URL: https://urss.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-2/55-59saxno_0.pdf.

30. Сахно Є.Ю., Ребенко А.В., Янченко Ю.М. Створення бази даних для розробки проектів. *Актуальні проблеми економіки*. 2020. №4. С. 135-142

31. Семененко І. М., Галгаш Р.А., Бурко Я.В. Енергозабезпечення регіонів України в контексті сталого розвитку. *Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2016. №6 (230). С. 124-134.

32. Семенцов Г.Н., Когуч Я.Р., Шавранський М.В., Дранчук М.М. Автоматизація виробничих процесів в енергетиці. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2023. – 372 с.

33. Синеглазов В.М. Перспективи розвитку гібридних енергетичних систем. *Енергоджерела*. URL: <https://enerhodzherela.com.ua/analitika/Перспктиви-розвитку-гібридних-енергетичних-систем>.

34. Співак Я.О. Енергозбереження як фактор економічного зростання України. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*. Серія: Економіка і менеджмент. 2020. Вип. 10. С. 208-210

35. Стогній Б.С., Кириленко О.В., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їх технологічне забезпечення. *Технічна електродинаміка*. 2020. №6. С. 44-50.

36. Суходоля О.М. Новітні енергетичні технології та їх вплив на функціонування систем енергопостачання: аналіт. доп. – Київ: НІСД, 2022. 36 с. URL: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.17>

37. Ташесв Ю.В. Використання відновлюваних джерел енергії на підприємствах: монографія, Одеський національний економічний університет. – Одеса: Бондаренко М.О., 2019. 242 с.

38. Топалов М. Нова енергетична мапа світу із «зеленими» наддержавами: куди рухається людство. Економічна правда. URL: <https://epravda.com.ua/publications/2023/12/22/708030/>.

39. Тюріна Н.М., Шелест Є.О. Енергетичний менеджмент: теоретичні та практичні аспекти. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки*. 2019. №2, т. 2. С. 32-37.

40. Хіло М., Роман О., Юденко Ю. Технології енергетичного переходу: інновації, впровадження та масштабування. ЕВА. URL: <https://eba.com.ua/tehnologiyi-energetychnogo-perehodu-innovatsiyi-vprovadzhennya-ta-masshtabuvannya/>.

41. Цифровізація енергетики: як технології Smart Grid допоможуть відбудувати українські енергомережі. *MIND*. URL: <https://mind.ua/publications/20273149-cifrovizaciya-energetiki-yak-tehnologiyi-smart-grid-dopomozhut-vidbuduvati-ukrayinski-energomerezhi>.

42. Цифровізація енергетичної системи: зелена, стійка, безпечна та доступна енергетична система завтрашнього дня. *Energy Union Info*. URL: <https://news.energy-union.org/archives/3469>.

43. Черемісін М.М., Зубко В.М. Автоматизація обліку та управління електроспоживанням: посібник для вищих навчальних закладів. – Харків: Факт, 2015. – 192 с.

44. Шведкий В.А., Костін Д.Ю., Костін Ю.Д. Стратегічна модель розвитку енергетичних компаній України. Сучасні досягнення в науці та освіті: зб. пр. XVIII Міжнар. наук. конф., 13-20 верес. 2023 р., м. Нетанія (Ізраїль). Хмельницький: ХНУ, 2023. С. 152-154.

45. Швець Н.В., Касаткіна М.В., Піддубна К.О. Проблеми та шляхи підвищення енергоефективності в Україні: від виробництва до використання теплової енергії. *Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля*. 2018. №3(244). С. 106-113.