

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
МЕТОДИКА РЕАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Виконав:

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

_____ **Віталій РОЛЯК**

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 ПЕРЕДУМОВИ РЕАЛІЗАЦІЇ КОМПЛЕКСУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	
1.1. Поняття та сутність інтелектуальної інформаційної системи.....	5
1.2. Особливості впровадження інтелектуальних систем в енергетичній сфері.....	8
1.3. Передумови впровадження інтелектуальних енергетичних систем в Україні.....	15
Висновки до розділу 1.....	19
Розділ 2. ОСНОВНІ ЗАСАДИ РОЗВИТКУ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ НА ОСНОВІ SMART GRID	
2.1. Інтелектуальна енергетика та ефекти створення Smart Grid.....	21
2.2. Ключові принципи розвитку концепції Smart Grid: міжнародний досвід.....	23
2.3. Розвиток функціональних характеристик Smart Grid: ключові аспекти.....	25
2.4. Базові підходи до реалізації концепції Smart Grid.....	27
2.5. Функціональні можливості та ключові напрями розвитку Smart Grid.....	29
2.6. Аналіз інновацій у сфері електромереж: розподільчі та магістральні мережі.....	31
2.7. Розробка технології оперативного контролю для автономних енергосистем.....	33
Висновки до розділу 2.....	35
Розділ 3. ВПРОВАДЖЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ	
3.1. Підготовка та проведення монтажних робіт при впровадженні елементів інтелектуальних енергетичних систем.....	38
3.2. Дослідження режимів функціонування АСКОВЕ.....	40
Висновки до розділу 3.....	44
Розділ 4. ФОРМУВАННЯ СКЛАДОВИХ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПЛАТФОРМИ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ СИСТЕМАМИ ТА МЕРЕЖАМИ.....	47
Висновки до розділу 4.....	62
ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	68
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Енергетична галузь є ключовою складовою сучасного суспільства, яка забезпечує стійкий розвиток економіки, промисловості та соціальної сфери. З розвитком новітніх технологій зростають вимоги до ефективності, надійності та екологічності енергетичних систем. У цьому контексті особливого значення набуває впровадження інтелектуальних енергетичних систем (ІЕС), які дозволяють інтегрувати різноманітні джерела енергії, оптимізувати процеси її виробництва, розподілу та споживання.

Інтелектуальні енергетичні системи є складними кібертехнічними комплексами, які базуються на використанні інформаційно-комунікаційних технологій, автоматизації та методів аналізу великих даних. Їх впровадження дає можливість забезпечити гнучке управління енергетичними потоками, підвищити енергоефективність, знизити втрати в мережах та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

Актуальність теми зумовлена необхідністю адаптації традиційних енергетичних систем до умов швидкозмінного попиту на енергію, інтеграції відновлюваних джерел енергії та цифровізації управлінських процесів. Розробка та реалізація методики впровадження елементів інтелектуальних енергетичних систем є важливим кроком до забезпечення сталого розвитку енергетичного сектору.

Метою кваліфікаційної роботи стало дослідження методів та інструментів реалізації елементів ІЕС, а також визначення їхнього впливу на ефективність та надійність енергетичних систем. Робота спрямована на розробку практичних рекомендацій для інтеграції ІЕС у різні типи енергетичних інфраструктур.

У рамках цієї роботи було поставлено наступні **завдання**:

- Провести аналіз сучасних тенденцій розвитку інтелектуальних енергетичних систем.
- Розробити методику впровадження елементів ІЕС у традиційні енергетичні системи.
- Оцінити ефективність використання запропонованої методики на прикладі конкретних енергетичних об'єктів.
- Визначити переваги та виклики, пов'язані з інтеграцією ІЕС, включаючи технічні, економічні та екологічні аспекти.
- Надати рекомендації щодо оптимізації впровадження ІЕС у різних умовах енергетичних систем.

Об'єктом дослідження біли процеси управління та функціонування енергетичних систем у контексті їх цифровізації. **Предметом** дослідження стали методи та інструменти реалізації елементів інтелектуальних енергетичних систем.

Методика дослідження базується на комплексному підході, який включає: аналіз літературних джерел та нормативно-технічної документації для визначення сучасного стану і тенденцій розвитку інтелектуальних енергетичних систем; розробку рекомендацій на основі отриманих результатів для інтеграції ІЕС у реальні умови функціонування енергетичних систем.

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 кваліфікаційної роботи.

ВИСНОВКИ

У результаті дослідження та аналізу різноманітних аспектів інтелектуальних енергетичних систем, в даній кваліфікаційній роботі розроблено методику реалізації основних елементів цих систем, що сприяє підвищенню ефективності роботи енергетичних мереж, зниженню витрат і поліпшенню екологічної ситуації.

1. Інтелектуальні енергетичні системи – основа для майбутнього енергетичного сектора. У роботі визначено, що впровадження інтелектуальних енергетичних систем є необхідним етапом модернізації енергетичних мереж, зокрема в умовах переходу до відновлювальних джерел енергії та зростання попиту на енергоефективність. Встановлено, що використання таких систем здатне значно підвищити ефективність роботи енергетичних мереж, знижуючи витрати на обслуговування і ремонт, а також покращуючи надійність енергопостачання.

2. Компоненти інтелектуальних енергетичних систем. Методика реалізації інтелектуальних енергетичних систем передбачає інтеграцію кількох ключових елементів: інфраструктури інтелектуального обліку (AMI), систем моніторингу і керування мережами (SCADA, DMS), геоінформаційних систем (GIS), а також алгоритмів для прогнозування і оптимізації енергоспоживання. Ці елементи мають забезпечити не тільки безпеку та надійність енергопостачання, але й інтеграцію з відновлювальними джерелами енергії, що є важливим кроком у напрямку сталого розвитку енергетичних систем.

3. Переваги та економічна ефективність. Реалізація інтелектуальних енергетичних систем дозволяє знизити витрати на енергопостачання та обслуговування мереж, покращити показники надійності енергетичних систем, зокрема зменшити середній час відновлення енергопостачання (CAIDI) і

середній час переривання постачання енергії (SAIDI). Це також дозволяє знизити екологічне навантаження завдяки більш ефективному використанню енергоресурсів і збільшенню частки відновлювальних джерел енергії.

4. Технологічні виклики та можливості. У роботі проаналізовано ключові технологічні виклики, пов'язані з реалізацією інтелектуальних енергетичних систем. Серед них – необхідність виведення на новий рівень інфраструктури енергетичних мереж, забезпечення кібербезпеки та інтеграція з існуючими програмними рішеннями. Водночас, розглянуто можливості розвитку технологій, що дозволяють досягти високого рівня автоматизації та зменшити людську залежність від оперативного контролю.

5. Рекомендації для впровадження. Запропонована методика реалізації елементів інтелектуальних енергетичних систем має низку практичних рекомендацій, спрямованих на забезпечення успішного впровадження таких систем у різних регіонах та підприємствах. Це включає оптимізацію процесів впровадження, вибір ефективних технологій для автоматизації, а також заходи для підготовки кваліфікованих кадрів.

6. Перспективи розвитку та досліджень. У перспективі важливим напрямом є подальше вдосконалення методик оптимізації роботи інтелектуальних енергетичних систем, інтеграція новітніх технологій, таких як штучний інтелект для прогнозування попиту на енергію, а також розвиток нових стандартів для забезпечення надійної взаємодії між різними елементами енергетичних мереж.

Загальний підсумок. У цілому, реалізація інтелектуальних енергетичних систем є важливим кроком до розвитку сучасних, надійних і енергоефективних енергетичних інфраструктур. Розроблена методика сприяє вдосконаленню технологічних процесів і має потенціал для значного покращення якості

енергетичних послуг, забезпечення енергетичної безпеки та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Аврунін О.Г., Владов С.І., Петченко М.В., Семенець В.В., Татарінов В.В., Тельнова Г.В., Філатов В.О., Шмельов Ю.М., Шушляпіна Н.О. Інтелектуальні системи автоматизації: монографія. – Кременчук: Видавництво «НОВАБУК», 2021. URL: <https://openarchive.nure.ua/server/api/core/bitstreams/d7217c7f-e0c7-4dc8-9076-eb3f2c445191/content>.
2. Базюк Т.М., Блінов І.В., Буткевич О.Ф., Денисюк С.П. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
3. Биконя О. Шляхи впровадження Smart Grid в країнах світу. *Економічний вісник Донбасу*. 2019. №1(27). С. 217-222.
4. Бондаренко С. Smart Grid в забезпеченні інтелектуалізації енергосистеми України. *Journal of Scientific Papers «Social development&Security»*. 2019. №9. С. 26-39.
5. Вакуленко І.А., Колосок С.І., Кубатко О.В. Досвід розбудови розумних енергетичних мереж на міжнародному рівні: монографія. – Суми: Сумський державний університет, 2019. 109 с
6. Денисюк С.П. Енергетичний перехід – вимоги до якісних змін у розвитку енергетики. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. №1. С. 7-28.
7. Денисюк С.П., Соколовський П.В. Аналіз функціонування гнучкої генерації на етапі переходу до інтелектуальних мереж Smart Grid. *Електрифікація транспорту*. 2018. №15. С. 31-42.

8. Денисюк С.П., Стшелецькі Р. Формування складових інтелектуальної платформи керування енергетичними системами та мережами. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. №3. С. 7-22.

9. Добра Н.В., Корнілова Є.О., Самохіна Ж.В. Інтелектуальні інформаційні технології та системи. Реферативний огляд. Київ: Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського, 2016. 48 с.

10. Дорошенко А., Ткаченко Р., Цимбал Ю., Батюк Д. Інтелектуальні компоненти інтегрованих автоматизованих систем управління для енергетичних систем. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка» Серія «Комп'ютерні науки та інформаційні технології»*. 2017. Вип. 864. №1. С. 90-96.

11. Досвід енергозбереження в різних країнах світу. URL: <http://market.avianua.com/?p=4042>.

12. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/Pidvyshhennyaenergoefektyvnosti-v-YES.pdf>.

13. Дробишинець С.Я. Закордонний досвід в галузі енергозбереження та енергоефективності. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2015. №4. URL: file:///C:/Users/Admin/Downloads/stmrb_2015_4_9.pdf.

14. Енергоємність ВВП. Вікіпедія. Вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%BE%D1%94%D0%BC%D0%BD%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%92%D0%92%D0%9F.

15. Каплун В.В., Козирський В.В. Smart Grid як інноваційна платформа розвитку електроенергетичних систем. Енергетика та електрифікація. 2021. №5(333). С. 35-46.

16. Кириленко О.В. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими. К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2016. 400 с.
17. Кириленко О.В., Денисюк С.П. Сучасні тенденції побудови та керування режимами електроенергетичних мереж. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2014. №9 (том 2). С. 82-94.
18. Коцовський В.М. Інтелектуальні інформаційні системи. Ужгород: Ужгородський національний університет. 2019. 73 с.
19. Макоєдова В.О. Інтелектуальні системи в енергетиці. *Інвестиції: практика та досвід*. 2024. №22. С. 101-105.
20. Матвєєва Ю.Т., Колосок С.І., Вакуленко І.А. Аналіз зарубіжного досвіду щодо забезпечення енергетичної ефективності на основі моделі smart grid. *Ефективна економіка*. 2019. №4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=6987>. DOI: 10.32702/2307-2105-2019.4.36
21. Матвійчук В.А., Рубаненко О.Є., Рубаненко О.О., Гунько І.О. Інтелектуалізація електроенергетичних систем. Навчально-методичний посібник для підготовки студентів освітнього рівня «Магістр» в галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» – Вінниця: Видавничий центр ВНАУ: 2019 р. 109 с.
22. Нестеренко О.В. Інформаційні системи і технології. Київ: Національна академія управління. 2017. 90 с.
23. Німеччина, Італія та Японія – світові лідери енергозбереження. *Pobudovano*. URL: <http://pobudovano.com.ua/news/nimechchina-italiya-ta-yaponiya-svitovi-lideri-energozberezhennya>.

24. Олійник С. Електричні мережі стануть «розумними». *Українська енергетика*. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/elektrychni-merezhi-stanut-rozumnymu>.

25. Оцінка стану та реалізації концепцій розвитку «інтелектуальних» електромереж у світовій практиці. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/01/3.-Smart-Grid.pdf>.

26. Половцев О.В. Методичні підходи до проектування та побудови систем підтримки прийняття рішень в державному управлінні. URL: <http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/putp/2012-4/doc/1/05.pdf>.

27. Розподілена генерація електроенергії – глобальні тенденції розвитку. *Gazeta.ua*. URL: https://gazeta.ua/articles/economics/_rozpodilena-generaciya-elektroenergiyi-globalni-tendenciyyirozvitku/680912?mobile=true.

28. Розумні мережі: що це таке, та коли запрацює в Україні. *Голос Карпат*. URL: <https://goloskarpat.info/power/6349b9d06fec5/>.

29. Руденко Є., Шапран О., Махно Є. (2024). Поняття та сутність інтелектуальної інформаційної системи. *Сталий розвиток економіки*. 2024. №3(50). С. 69-72. URL: <https://doi.org/10.32782/2308-1988/2024-50-11>.

30. Сагіян Н.А. Інтелектуальна система прогнозування енергоспоживання. Миколаїв: Чорноморський національний університет імені Петра Могили. URL: <https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3617/1/Сагіян%20Неллі%20Аветіківна.pdf>.

31. Скрипник С.О., Колларов О.Ю. Дослідження впливу впровадження нейронних мереж в енергетичну галузь України. *Наукові праці Донецького Національного технічного університету*. Серія: електротехніка і енергетика. 2022. №1(26). С. 39-43.

32. Стаднік М.І., Видмиш А.А., Штуць А.А., Колісник М.А. Інтелектуальні системи в електроенергетиці. Теорія та практика: навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «ТВОРИ», 2020. 332 с.

33. Стан і перспективи розвитку технологій «інтелектуальних» електромереж, управління попитом та систем режимного управління в умовах розвитку поновлюваних джерел енергії у зарубіжній енергетичній сфері. *Укренерго*. URL: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/04/1.-Stan-rozvytku-smart-grid.pdf>.

34. Стасюк О.І., Гончарова Л.Л., Максимчук В.Ф. Методи організації інтелектуальних електричних мереж на основі концепції SMART Grid. *Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті*. 2014. №2. С. 29-37.

35. Топал О.І., Любарець М.І., Прищепов Є.О. Інтелектуальні системи обліку споживання енергетичних ресурсів: складники, технології радіозв'язку та перспективи впровадження в Україні. *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки*. 2020. №6. С. 27-34.

36. Шаров С.В., Лубко Д.В., Осадчий В.В. Інтелектуальні інформаційні системи. Мелітополь: Вид-во МДПУ ім. Б. Хмельницького. 2015. 144 с.

37. ADMS Advanced Distribution Management System Grid Modernization Redefined. Integrated Distribution Planning, eSCADA, DMS & OMS Solution 2017 ETAP / Operation Technology, Inc. B12-ETAPADMS-JAN2017 info@etap.com.

38. Benysek G., Kazmierkowski M.P., Popczyk J., Strzelecki R. Power electronic systems as a crucial part of Smart Grid infrastructure – a survey. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, Vol. 59, No. 4, 2011. P. 455-473.

39. Energy Architecture Performance Index. World economic forum Table of Rankings. URL: <http://reports.weforum.org/global-energy-architecture-performance-index-2017/table-of-rankings/>.

40. Flexibility and integration of renewable energy sources [Electronic resource]. – Mode of access to the resource: https://biz.censor.net.ua/columns/3131737/gnuchkst_ta_ntegratsya_vdnovlyuvanih_djerel_energ.

41. Lindholm A., Wahlström N., Lindsten F., Schön T.B. Machine Learning: A First Course for Engineers and Scientists. Cambridge University Press; New edition, 2022. 350 p.

42. Siemens Energy Sector. Довідник з енергетики. URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:ab5c1a35b3afe58903c604058a2aacb9cce464e6/version:1519821054/peg-part07-ru.pdf>.

43. Smart Grid в Україні: що це таке, навіщо потрібне і коли з'явиться. Mind. URL: <https://mind.ua/publications/20259406-smart-grid-v-ukrayini-shcho-ce-take-navishcho-potribne-i-koli-z-yavitsya>.