

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ РОЗРАХУНКУ ПРОГНОЗОВАНИХ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ

Виконав:

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

_____ Дмитро ЛЕВИЦЬКИЙ

Керівник: канд. екон. наук, доцент

_____ Андрій ПЕЧЕНЮК

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«_____» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

«Енергетичний менеджмент»
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»,
доктор сільськогосподарських наук,
кандидат технічних наук, доцент _____

Олег ТКАЧ

м. Кам'янець-Подільський, 2023 р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Розділ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ЗАСТОСУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ В ГАЛУЗІ ЕНЕРГЕТИКИ	
1.1. Теоретичні аспекти побудови багаторівневої інформаційної системи енергетичного контролінгу.....	6
1.2. Автоматизовані системи обліку і якості електроенергії у системах електропостачання.....	15
Висновки до розділу 1.....	21
Розділ 2. ВТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕМЕНТАХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	
2.1. Технологічні втрати електроенергії.....	22
2.2. Комерційні втрати електроенергії.....	25
Висновки до розділу 2.....	30
Розділ 3. ОПИС ІНФОРМАЦІЙНОЇ АРХІТЕКТУРИ ТА ПРОГРАМНОГО РІШЕННЯ	
3.1. Вимоги щодо системи розрахунку прогнозованих втрат.....	31
3.2. Аналіз прецедентів системи розрахунку втрат.....	35
3.3. Діаграма класів інформаційної системи.....	38
3.4. Опис інформаційної архітектури.....	39
3.5. Аналіз алгоритму та програмного рішення.....	40
Висновки до розділу 3.....	52
Розділ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ НА БАЗІ ПРОГРАМНОГО РІШЕННЯ	
4.1. Опис ідеї проекту.....	53
4.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	54
4.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	59
4.4. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	60
Висновки до розділу 4.....	62

Розділ 5. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ У СФЕРІ ЕНЕРГЕТИКИ.....	63
Висновки до розділу 5.....	69
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	72
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Використання інформаційних систем та баз даних є необхідною складовою діяльності енергетичних компаній. Процес електронного обміну документами стає все важливішим, зростає кількість нового обладнання, і впроваджуються системи збору та управління даними, включаючи системи керування транспортуванням та розподілом електроенергії.

Впровадження нової моделі ринку електроенергії потребує уточнення прогнозування режимів, включаючи точне обчислення витрат електроенергії на кожну годину наступного дня. Таке планування повинно здійснюватися щодня, 365 днів на рік. Втрати електроенергії, передбачені на наступний день, залежать від різних факторів, таких як прогнозоване споживання, графік покриття та склад блоків, заплановані ремонти в основній мережі, прогноз погодних умов тощо.

Тому набуває актуальності завдання автоматизації процесу планування щогодинних витрат електроенергії на добу вперед. Для вирішення цього завдання необхідно розробити та впровадити програмний комплекс для обчислення витрат електроенергії в електромережах.

Ціллю дослідження було створення програмного рішення для автоматизованого розрахунку передбачуваних витрат активної енергії в енергосистемі.

Для реалізації мети було поставлено наступні **завдання**:

1. Провести аналіз теоретичних аспектів створення інформаційної системи енергетичного контролінгу з багаторівневою структурою.
2. Вивчити суть та принципи функціонування автоматизованих систем обліку та контролю якості електроенергії в системах електропостачання.
3. Проаналізувати технологічні та комерційні втрати електроенергії та їх сутність.
4. Описати архітектуру інформаційної системи та розробити програмне рішення відповідно до проведеного аналізу.

5. Розробити стартап-проект, який базується на розробленому програмному рішенні, і визначити його ключові характеристики та переваги.

6. Дослідити перспективи використання технологій штучного інтелекту в галузі енергетики та визначити можливість їх застосування у розробленому стартапі.

Об'єктом дослідження стала розрахункова модель режимів електромереж, **предметом дослідження** – розробка алгоритму автоматизованого розрахунку прогнозованих втрат активної енергії в електричних мережах.

Практичне значення отриманих результатів. Оскільки нова модель енергоринку України передбачає формування кластеру ринку електроенергії на наступний день, це ставить перед собою завдання своєчасного встановлення цін на електроенергію. Це, у свою чергу, вимагає детального прогнозування втрат енергії у енергосистемі для включення їх вартості у цінову модель.

Прогнозовані втрати потребують точного розрахунку для кожної години наступного дня на основі актуальної моделі електромережі, враховуючи різні параметри. Розроблене програмне рішення для автоматизованого розрахунку втрат відповідає цим вимогам, оскільки інтегрується у вже існуючу інформаційну систему.

Публікації. Левицький Д.О. Перспективи застосування штучного інтелекту в енергетиці. Тенденції розвитку відновлюваної енергетики в умовах глобалізації: матеріали II міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, 07 червня 2023 року. Кам'янець-Подільський: ГО «Науково-технічний центр «Подільський біорегіон». 2023. С. 62-64.

Апробація роботи. Доповідь заслухано на II міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Тенденції розвитку відновлюваної енергетики в умовах глобалізації», 07 червня 2023 року. Кам'янець-Подільський.

ВИСНОВКИ

Основними напрямками розвитку сучасної електроенергетики є поліпшення інфраструктури, впровадження цифрового шару на електричних мережах і модернізація бізнес-процесів у всіх етапах виробництва, передачі, розподілу, постачання та використання електроенергії, як це передбачено концепцією Smart Grid.

Перша група завдань передбачає створення високотехнологічної електроенергетичної системи, яка об'єднує різноманітні електрогенеруючі установки і використовує вискоелективні струмоприймачі, з'єднані за допомогою сучасних електричних мереж. Мета цього є забезпечення надійного електропостачання споживачів, оптимізація потужності, що перетікає через мережу, підвищення ефективності виробництва та мінімізація втрат енергії під час передачі та перетворення її в інші форми.

Завдання другої групи спрямовані на створення стійкої системи обміну інформацією, оптимізацію та підвищення надійності управління електричною мережею за допомогою сучасних інформаційних та комунікаційних технологій.

Третя група завдань має забезпечити узгодження управлінських рішень та комерційних операцій щодо купівлі-продажу електроенергії з технологічними принципами функціонування електричної мережі та забезпечити її сталий розвиток.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Автоматизована система управління підстанцією. URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.08.pdf
2. Автоматична система збору інформації від мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та автоматики. URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.05.pdf
3. Аналітична система енергетики України. *Magnetic One*. URL: <https://magneticonemt.com/analitichna-systema-enerhetyky-ukrainy/>
4. Бедерак Я.С. Застосування методу експонентного згладжування для відновлення втрачених даних технічного обліку на промислових підприємствах. *Електротехніка і Електромеханіка*. 2014. №4. С. 61-64. doi: 10.20998/2074-272X.2014.4.12.
5. Блінов О., Дянков С. Російські ракети «забрали» 12% робочого часу. Змістовна оцінка економічних втрат через атаки на енергетику. *Журнал Forbes Ukraine*. URL: <https://forbes.ua/money/rosiyski-raketi-zabrali-12-robochogo-chasu-zmistovna-otsinka-ekonomichnikh-vtrat-cherez-ataki-na-energetiku-12012023-11013>
6. Бохонко І.В. Проблеми зменшення втрат електроенергії під час передавання. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/2738/visnyk2016-16-22.pdf>
7. Буйний Р.О., Зорін В.В., Козирський В.В. Використання інформації від АСКОЕ та нейронних мереж для розрахунку недовідпуску електричної енергії споживачам. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2009. №2. С. 82-86. doi: 10.20535/1813-5420.2.2009.181008.
8. Валінкевич Н., Ахромкін А. Прогнозування розвитку регіональної енергетичної політики. Ефективна економіка. 2018. №3. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/3_2018/14.pdf
9. Визначення джерел електровтрат на підприємствах. *Енерго X*. URL: <https://energox.com.ua/energoaudyt/vyyavlennya-prychyn-rozbizhnosti-v-pokazannya-pryladiv-komertsijnogo-i-tehnichnogo-obliku/>

10. Гапон Д.А., Гриб О.Г., Карпалюк І.Т., Рудевіч Н.В. Автоматизовані системи обліку і якості електроенергії у системах електропостачання. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. 2021. №2(3). С. 54-58. URL: <http://erec.khpi.edu.ua/article/view/250046/258602>

11. ГНД 34.09.203-2004. Нормування витрат електроенергії на власні потреби підстанцій 35-750 кВ і розподільчих пунктів 6-10 кВ. Інструкція. Галузевий нормативний документ. Київ: ОЕП «ГРІФРЕ», 2004. 38 с.

12. Голіздра О. Ряд державних обленерго активізували роботи зі зменшення технологічних втрат електроенергії. *Енергобізнес*. URL: <https://e-b.com.ua/ryad-derzavnix-oblenergo-aktivizovali-roboti-zi-zmensennya-technologicnix-vtrat-elektroenergiyi-ekspert-5549>

13. Дегтярьова О.О. Теоретичні аспекти побудови багаторівневої інформаційної системи енергетичного контролінгу. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2020. №1(72). С. 153-163.

14. ДСТУ ІЕС 61000-4-30:2010. Електромагнітна сумісність. Частина 4-30. Методи випробування та вимірювання. Вимірювання показників якості електричної енергії (ІЕС 61000-4-30:2008, ІДТ). Київ: Інститут електродинаміки Національної Академії наук України, 2010. 56 с.

15. Дячук О., Подолець Р., Юхимець Р., Пеккоєв В., Балик О., Сімонсен М. Довгострокове енергетичне моделювання та прогнозування в Україні: сценарії для плану дій реалізації Енергетичної стратегії України на період до 2035 року. URL: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Globalcooperation/long-term_energy_modelling_and_forecasting_in_ukraine_ukrainian.pdf

16. Експертний огляд автоматизованих інформаційних систем для енергомоніторингу та енергоменеджменту. URL: https://enefcities.org.ua/upload/files/Publications/Analytics/Expert_review_SW_2019.pdf

17. Енергетична безпека України: методологія системного аналізу та стратегічного планування: аналіт. доп. / [Суходоля О.М., Харазішвілі Ю.М.,

Бобро Д.Г., Сменковський А.Ю., Рябцев Г.Л., Завгородня С.П.]; за заг. ред. О.М. Суходолі. – Київ: НІСД, 2020. 178 с.

18. Івахненко С.В. Інформаційні технології в аудиті та внутрішньогосподарському контролі: дис. ... доктора екон. наук : 08.00.09. Київ, 2011. 564 с.

19. Ільченко Л. Ще в одній області починають будувати електромережі за міжнародними стандартами. *Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/news/2023/07/10/702062/>

20. Інструкція про порядок комерційного обліку електричної енергії, затверджена Радою Оптового ринку електричної енергії України, протокол №12 від 08 жовтня 1998 р. Додаток 10 до Договору між членами Оптового ринку електричної енергії України. Київ: НКРЕ, 2015.

21. Інформаційно-діагностичний комплекс «Регіна». URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.01.pdf

22. Інформаційно-діагностичні системи, вимірювальні засоби та програмне забезпечення в енергетиці. URL: <https://ied.org.ua/innovacijni-propozycziyi/informacijno-diagnostychni-systemy-vymiryuvalni-zasoby-ta-programne-zabezpechennya-v-energetyczi/>

23. «ІТ-Інтегратор» впровадив першу в країні систему інформаційної безпеки АСУТП в енергетиці. *ІТ для бізнесу*. URL: https://ko.com.ua/it-integrator_vprovadiv_sistemu_informacijnoyi_bezpeki_asutp_dlya_pidpriyemstva_energetichnoyi_promislovosti_143759

24. Карпалюк І.Т., Комп'ютерні інформаційні технології в енергетиці. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. 2018. 118 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/49308/1/2018%20133%D0%9B%20%D0%9A%D0%9B%20%D0%9A%D0%86%D0%A2%D0%95%20%28%D0%AD%D0%A1%D0%AD%29.pdf>

25. Кудрицький В. Втрати потужності ОЕС України внаслідок агресії РФ за два роки зросли майже у сім разів. *Енергореформа*. URL:

<http://reform.energy/news/vtrati-potuzhnosti-oes-ukraini-vnaslidok-agresii-rf-za-dva-roki-zrosli-mayzhe-u-sim-raziv-ukrenergo-21541>

26. Лизунова О.М. Формування енергетичної стратегії підприємства. *Економіка і організація управління*. 2017. №1(25). С. 115-122

27. Лисогор В.М., Яремко С.А., Ольшевська О.В. Застосування методів прогнозування в процесі моделювання економічної діяльності підприємства. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2021. №2. Т. 1. С. 21-25.

28. Медвідь Л.Г. Аспекти обліку втрат електроенергії енергопостачальними компаніями України. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. 2015. №15.4. С. 329-334.

29. Мордовцев О., Аванесова Н., Любушин Р. Формування системи інформаційної безпеки у сфері зберігання та розподілу продовольчих та енергетичних ресурсів. *Аспекти публічного управління*. 2022. №3. Том 10. С. 21-30.

30. Находов В.Ф., Бориченко О.В., Тишко О.В. Удосконалення діючої системи нормалізації енергоспоживання на основі контролю і планування витрат електричної енергії. «Промислова електроенергетика та електротехніка» *Промелектро: інформ. зб.* 2010. №3. С. 51-58.

31. Немикіна О.В., Яланська А.С. Оцінка зниження втрат електроенергії при компенсації реактивної потужності. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/tstt/wp-content/uploads/sites/6/nemykina2021-1.pdf>

32. Павленко Р.А. Дослідження та розроблення інформаційної системи відділу енергетика заводу. URL: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/Pavlenko%20Ruslan%20Anatoliiovych.pdf>

33. Перун В. Кабмін схвалив Концепцію впровадження «розумних мереж». *LB.ua*. URL: https://lb.ua/economics/2022/10/14/532638_kabmin_shvaliv_kontseptsiyu.html

34. Програмний комплекс «ДОМЕН». URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.14.pdf

35. Програмний комплекс «КОРАСП». URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.13.pdf
36. Програмний комплекс оперативної підтримки диспетчерів об'єднаної енергосистем. URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.10.pdf
37. Про енергетичну ефективність. Закон України №1818-IX від 13.11.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>
38. Прокопенко В.В., Коцар О.В., Расько Ю.О., Павлова Ю.С. Повнофункціональний інструментарій для реалізації перманентного енергетичного аудиту. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2014. №2. С. 85-92. doi: 10.20535/1813-5420.2.2014.132726.
39. Система моніторингу перехідних режимів. URL: https://www.ied.org.ua/propoz_2017/R_1.02.pdf
40. Сокол Є.І., Сендерович Г.А., Гриб О.Г. та ін. Автоматика протиаварійного управління електроенергетичних систем: Підручник для студентів зі спеціальності електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. 216 с.
41. Суходоля О.М Штучний інтелект в енергетиці: аналітична доповідь. К.: НІСД, 2022. 49 с. URL: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.09>
42. Тимонін Ю.О., Васько С.М. Інформаційні технології в електроенергетиці. URL: http://www.ktms.znau.edu.ua/images/discipline/ITE/%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%86%D0%A2%D0%95%D0%95.pdf
43. Створення інформаційної системи для енергоменеджера. *Manager Help*. URL: <http://www.managerhelp.org/hoks-880-1.html>
44. Томашевський Ю., Бурикін О., Кулик В., Малогулко Ю., Гриник В. Інформаційна система розподільної електричної мережі на базі концепції Smart metering із застосуванням типових графіків навантаження. *Технічні науки та технології*. 2020. №3(21). С. 229-241.

45. Чухрай Н.І., Бохонко І.В. Формування системи альтернативних рішень щодо зменшення втрат електроенергії з впливом на операційну діяльність енергопостачальних підприємств. *Приазовський економічний вісник*. 2017. №2(02). С. 76-79. URL: http://pev.kpu.zp.ua/journals/2017/2_02_uk/17.pdf

46. Degtiareva O., Pudychева H., Stelling J.-N. Modern energy challenges: economic and managerial approach. Hochschule Mittweida Verlag, Diskussionspapier, 2019/07. 62 p.

47. Fritze A.-K., Schnupp C., Muller K. Strategy-based prioritisation of KPIs using the fuzzy analytic network process. *Controlling – Zeitschrift FbR Erfolgsorientierte Unternehmenssteuerung*, 29. Jahrgang, 2017, 2/2017. S. 58-68.

48. Kovalyov A., Degtiareva O. Formation of system frameworks of energy controlling. *Technology Audit and Production Reserves*. 2018. №1/4(39). Pp. 40-44.

49. Liebe M., Drozdzyński M. IT-gestetzte Ausgestaltung eine GeSo-spezifischen mehrdimensionalen Controlling-Konzeption. Eine gemeinsam mit Diamant Software und CIC entwickelte Lösung für das Gesundheits- und Sozialwesen. *Controlling Zeitschrift 30. JAHRGANG*. 4/2018. Pp. 31-40.

50. Reichmann T., Kisler M., Baumul U. Controlling mit Kennzahlen – Die systemgestetzte Controlling-Konzeption. München: Vahlen, 2017. 890 p.

51. Voloshko A.V., Bederak Ya.S. Monitoring system mode power consumption industrial enterprises. *Power engineering: economics, technique, ecology*. 2014, no. 4, pp. 50-58. doi: 10.20535/1813-5420.4.2014.121349.