

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

«ОПТИМІЗАЦІЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ»

Виконав:

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

ТКАЧ Олександр Іванович

Керівник професор

МИХАЙЛОВА Людмила Миколаївна

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

« ___ » _____ 2023 р.

Допускається до захисту:

« ___ » _____ 2023 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Енергетичний менеджмент» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
докт. с-г. наук, канд. техн. наук, доцент

Олег ТКАЧ

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ПИТАНЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНТЕГРОВАНИХ ЕНЕРГОПОСТАЧАЛЬНИХ СИСТЕМ	7
1.1 Основні положення концепції застосування інтегрованих енергопостачальних систем	7
1.2 Поняття енергетичного хабу та його складові елементи	9
1.3 Енергетичні хаби як елементи реалізації концепції розосередженої генерації	20
Висновки до розділу 1	27
2 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РІЗНИХ ТИПІВ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ.....	28
2.1 Аналіз різних типів накопичувачів енергії.....	29
2.2 Аналіз теплових акумуляторів, їх особливості та принцип дії.....	34
2.3 Оптимальна ємність накопичувача для інтегрованих систем електрозабезпечення	36
Висновки до розділу 2	44
3 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	45
3.1 Формування цільових функцій й обмежень задачі.....	45
3.2 Оптимізація енергозабезпечення комплексу багатоповерхових житлових будинків	51
3.3 Оптимізація енергозабезпечення аграрного підприємства з використанням наявних джерел надходження біомаси	59
Висновки до розділу 3	67

4	МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ ГЕНЕРАЦІЇ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ В СТРУКТУРНІТЕГРОВАНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	68
4.1	Вибір програмного забезпечення для моделювання роботи сонячної електростанції.....	68
4.1.1	<i>Програмний інструмент PVWatts.....</i>	68
4.1.2	<i>Програмний інструмент System Advisor Model.....</i>	69
4.1.3	<i>Програмний інструмент Helioscope.....</i>	70
4.1.4	<i>Програмний інструмент HOMER Pro</i>	71
4.1.5	<i>Програмний інструмент Polysun.....</i>	72
4.1.6	<i>Програмний інструмент PV * SOL</i>	74
4.1.7	<i>Програмний інструмент PVsyst.....</i>	75
4.2	Моделювання систем накопичення в структурі сонячних електростанцій	78
4.3	Оптимальна робота інтегрованих систем електрозабезпечення при використанні акумуляторних батарей	82
	Висновки по розділу 4.....	89
	ВИСНОВКИ.....	90
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92

ВСТУП

На сьогоднішній день важливо ефективно використовувати паливно-енергетичні ресурси (ПЕР) за допомогою нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) та зберігати отриману енергію, щоб вирішити проблеми енергопостачання, а також екологічні, економічні і соціальні виклики. Для досягнення цих цілей потрібно модернізувати системи енергозабезпечення, зокрема системи тепло- і електропостачання, шляхом поєднання місцевих і імпортованих, відновлюваних і невідновлюваних енергетичних ресурсів.

Сучасні вимоги до систем енергозабезпечення включають досягнення заданих рівнів надійності та економічності їхньої роботи. Тому важливо оцінити відповідність показників процесу енергозабезпечення в умовах реформування енергетичної галузі. Дослідження впливу суб'єктів енергетики, активності споживачів та врахування процесів акумулювання енергії та функціонування систем енергопостачання допоможе вирішити завдання управління енергоспоживанням.

Отже, потрібно знайти шляхи підвищення ефективності функціонування систем енергозабезпечення споживачів з джерелами розосередженої генерації (РГ), зокрема шляхом зниження витрат на енергоресурси та максимального використання потенціалу впровадження відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) з акумулюванням енергії.

У результаті проведеного дослідження було розроблено комплексну концепцію "енергетичних хабів" (energy hub - EH), яка об'єднує інтегровані системи енергозабезпечення в Україні з метою оптимізації їхнього режиму роботи. Було розроблено методологію оптимізації режимів функціонування цих систем з урахуванням екологічних та економічних факторів, а також створено алгоритми та програмне забезпечення для вирішення цієї задачі.

ВИСНОВКИ

Було проведено детальне дослідження та наукове обґрунтування можливостей використання концепції ЕНs у контексті об'єднання інтегрованих систем енергозабезпечення в Україні. Метою цього було отримання технічних рішень для розробки і створення моделей оптимального керування їх роботою, спрямованих на ефективний розподіл енергії між джерелами та споживачами.

Було систематизовано та представлено у вигляді класифікаційної схеми різні типи акумуляторів для накопичення та зберігання енергії. На основі цієї класифікації були розглянуті основні характеристики акумуляторів різних типів, включаючи хімічні, електромагнітні, теплові, механічні та гідроакумуляуючі.

На підставі об'єктивних даних була розроблена модель системи комплексного енергозабезпечення споживачів, позначена як ЕН, що забезпечує їхні потреби в електричній та тепловій енергії. Для цих систем була розроблена методологія оптимізації режимів роботи з урахуванням екологічних та економічних чинників на основі багатокритеріального підходу. Розроблені моделі багатокритеріального планування та оптимізації режимів функціонування інтегрованих енергопостачальних систем дозволяють підвищити ефективність роботи енергетичних вузлів з використанням відновлюваних джерел енергії.

Розроблена модель підтримки функціонування *ЕН* на основі біогазової установки й інших ВДЕ у поєднанні з системами акумуляування дає можливість, наприклад, при виробництві 352,5 м³/добу біогазу здобути його економію на рівні 25,4 тис.м³/рік, що за рахунок підвищення ефективності біогазової установки на 13,94 % надає можливість в умовах когенераційної системи знизити собівартість виробництва електроенергії та теплоти в межах 20–30 %.

Було розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення, спрямоване на вирішення завдання оптимального планування та оптимізації режимів роботи систем комплексного енергозабезпечення для житлових, громадських будівель та промислових об'єктів з невеликою потужністю. Це програмне забезпечення має на меті задовольнити потреби споживачів у електричній та тепловій енергії з максимальною ефективністю. Розроблені алгоритми та програмне забезпечення можуть бути використані в системах диспетчеризації комплексу установок з використанням відновлюваних та нефторевматичних джерел енергії для різних об'єктів господарської діяльності в умовах енергетичних ринків України.

У результаті проектування промислової СЕС проведено детальну оцінку доцільності впровадження *Energy Storage*.

Шляхом використання процедури розрахунку оптимальної ємності для накопичувача в комплексі "відновлюване джерело-акумулятор", було обрано найефективнішу потужність для кожного зі сценаріїв. Це дозволяє забезпечити оптимальні показники якості електроенергії в об'єкті споживання.

У результаті проведеного динамічного моделювання на будівлі ДП «Державтотрансдипроєкт» встановлено, що використання комбінованої системи дасть можливість зменшити споживання електричної енергії з мережі приблизно на 100 МВт·год в рік та віддавати в мережу близько 30 МВт·год на рік, а також замінювати близько 55 МВт·год теплової енергії на потреби опалення та гарячого водопостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Левенберг В.Д., Ткач М.Р., Гольстрем В.А. Аккумуляирование тепла. Київ: Тэхника, 1991. 111 с.
2. Дихтиевский О.В., Юревич И.Ф., Мартыненко О.Г. Тепловые аккумуляторы. Минск: ИТМО, 1989. 54 с.
3. Du, E., Zhang, N., Hodge, B.-M., Wang, Q., Lu, Z., Kang, C., Xia, Q. (2018). Operation of a High Renewable Penetrated Power System with CSP plants: A Look-ahead Stochastic Unit Commitment Model. In IEEE Transactions on Power Systems, 2018. Doi:10.1109/tpwrs.2018.2866486.
4. Хіменко Динамічний електротепловий акумулятор: пат. 122422 Україна: МПК (2017.01) F24H7/02, F24D15/02, F28D20/00. № 201706450; заявл. 23.06.17; опубл. 10.01.18, Бюл. № 1. 4 с.
5. Дабіжа Н.О., Корінчевська Т.В. Акумуляування теплової енергії з використанням термохімічних реакцій та сорбційних процесів. *Промышленная теплотехника*. 2009. Т. 31. № 7. С. 60–62.
6. Лисенко О.М., Веремійчук Ю.А., Басок Б.І. Оцінка потенціалу кінцевого енергоспоживання теплової та електричної енергії населенням. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. № 2. С. 68–75.
7. Замулко А.І., Веремійчук Ю.А. Організація обмеження споживачів на роздрібному ринку електричної енергії: правові питання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 1. С. 23–33.
8. Дерев'янюк Д.Г., Ярмолюк О.С., Беспалов О.А. Особливості режимів функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів. *Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика*. 2018. № 5. С. 48–51
9. Притискач І.В., Оникійчук В.О. Аналіз та оптимізація режимів роботи інтегрованих систем комплексного енергозабезпечення споживачів із урахуванням економічних та екологічних факторів. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 1. С. 33–40.

10. Попов В.А., Ярмолюк О.С., Ткаченко Ф.В., Яценко Д.В. Особенности многокритериальной оценки альтернативных вариантов применения распределенной генерации в условиях учета неопределенности исходной информации. *Електронне моделювання*. 2018. Том 40, № 2. С. 105–118.

11. Лисенко О.М., Андрейчук С.В., Приемченко В.П., Басок Б.І. Експериментальні дослідження індивідуального теплового пункту з електричними котлами. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі*. 2018. № 10. С. 29–35.

12. Карпенко Д.С., Дешко В.І. Техніко-економічний аналіз створення ринку теплової енергії в Україні. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 2. С. 26–37.

13. Карпенко Д.С., Дешко В.І., Замулко А.І., Аналіз принципів формування локальних ринків теплової енергії в системах централізованого тепlopостачання. *Проблеми загальної енергетики*. 2018. № 4 (55). С. 51–58.

14. Опришко В.П. Механізми реалізації програм керування попиту на електричну енергію у світовій практиці. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 3. С. 44–51.

15. Veremiichuk Y., Prytyskach I., Yarmoliuk O. The functioning model of integrated energy supply system with co-generation units operation, taking into account prospects of bioenergy development in Ukraine. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2019. № 1. С. 29–40.

16. Веремійчук Ю.А., Замулко А.І., Норець М.О. Формування підходів оцінювання впливу ВЕС і СЕС на побудову балансів потужності Об'єднаної енергетичної системи України 2018, 2020 рр. Авторське право на твір № 87743, 15.04.2019.

17. Веремійчук Ю.А., Притискач І.В., Ярмолюк О.С., Опришко В.П. Модель функціонування енергетичних хабів в умовах реформування енергетичної галузі. Авторське право на твір № 87126, 22.03.2019.

18. Веремійчук Ю.А., Дерев'яно Д.Г. Моделі оптимального функціонування локальних електропостачальних систем з використанням методів лінійного програмування». Авторське право на твір № 89352, 05.06.2019.

19. Веремійчук Ю.А., Притискач І.В., Ярмолюк О.С., Опришко В.П. Розрахунок оптимальних значень потужності, яка надходить до інтегрованих систем забезпечення споживачів та яка генерується нетрадиційними та відновлюваними джерелами енергії. Авторське право на твір № 90144, 24.06.2019.

20. Веремійчук Ю.А., Притискач І.В., Ярмолюк О.С., Опришко В.П. Мультикритеріальна оптимізація режимів роботи інтегрованих систем комплексного енергозабезпечення споживачів. Авторське право на твір № 90145, 24.06.2019.

21. Сукальська Л.А. Оцінювання вихідної потужності джерел розосередженої генерації з урахуванням обмеженості початкових даних: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2018. 175 с.

22. Оникійчук В.О. Мультикритеріальне планування та оптимізація режимів функціонування інтегрованих енергопостачальних систем: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2018. 155 с.

23. Семигран Р.В. Комплексна оцінка режимів споживання електричної енергії в розподільних електричних мережах: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2018. 135 с.

24. Норець М.О. Оцінювання впливу відновлюваних джерел енергії на формування балансів електричної енергії: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2018. 134 с.

25. Мешков В.Є. Система комбінованого енергозабезпечення підприємства харчової промисловості: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2018. 123 с.

26. Сергєєв М.Ф. Оцінювання впливу відновлювальних джерел енергії на формування вартісних показників електричної енергії на оптовому ринку: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2018. 111 с.

27. Пустовий А.М. Оптимізація структури установок фотоелектричних станцій з метою забезпечення нормативних показників якості електричної енергії: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2019. 78 с.

28. Бабіч О.Ю. Підвищення ефективності енергозабезпечення локального об'єкта з використанням відновлюваних джерел енергії: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2019. 96 с.

29. Котлобай Ю.М. Керування режимами генерування з використанням маневрених систем для балансування сонячних електростанцій: магістерська дис.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Київ, 2019. 72 с.

30. Кравченко Н.В. Индивидуальные солнечные станции. Москва: Энергоатомиздат, 1991. С. 170–172.

