

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ПОНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Виконав:

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

_____ Ілля ШИМІЛІН

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ Павло ПОТАПСЬКИЙ

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

« ____ » _____ 2023 р.

Керівник проектної групи
(гарант освітньої програми)

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

кандидат технічних наук, доцент _____ Ігор ГАРАСИМЧУК

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1. Автономні системи електропостачання.....	9
1.2. Методи опису параметрів оточуючого середовища території.....	11
1.3. Математичні моделі елементів систем електропостачання, що використовують поновлювані джерела енергії.....	12
1.4. Методи, які використовуються при оптимізації систем електропостачання, що використовують поновлювані джерела енергії.....	13
1.5. Найбільш поширені оптимізаційні комплекси	14
1.6. Переваги та недоліки комплексів підвищення енергетичної ефективності систем електропостачання, що використовують поновлювані джерела енергії	20
1.7. Постановка завдання роботи.....	21
1.8. Висновки до розділу	25
РОЗДІЛ 2. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	26
2.1. Визначення параметрів навколишнього середовища	26
2.2. Математичне моделювання елементів АСЕП.....	31
2.3. Висновки до розділу.....	39
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	40
3.1. Правила розподілу навантажень між електрогенеруючими установками ...	40
3.2. Визначення оптимального складу обладнання АСЕП	50
3.3. Висновки до розділу.....	53
РОЗДІЛ 4. ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	54
4.1. Комплексної оптимізації АСЕП на базі поновлюваних джерел енергії та акумуляторних батарей	54

4.2. Врахування надійності при вирішенні завдання комплексної оптимізації	58
4.3. Опис правил роботи об'єктів генерації, що використовують поновлювані джерела енергії і акумуляторні батареї з урахуванням надійності.....	63
4.4. Висновки до розділу	66
РОЗДІЛ 5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	67
5.1. Програмно-обчислювальний комплекс оптимізації АСЕП.....	67
5.2. Комплексна оптимізації АСЕП на базі поновлюваних джерел енергії та акумуляторних батарей з урахуванням надійності	70
5.3. Висновки до розділу	72
РОЗДІЛ 6. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	73
6.1. Комплексна оптимізація децентралізованої системи електропостачання для метеоумов району проектування	73
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	81
7.1. Актуальність проблеми електробезпеки.....	81
7.2. Вимоги до профілактичних медичних оглядів для працівників ПК	83
7.3. Економічне значення заходів щодо покращення умов охорони праці.....	85
7.4. Радіаційний та хімічний захист	88
7.5. Інформація та оповіщення. Поведінка населення при загрозі надзвичайної ситуації	89
7.6. Протирадіаційне укриття	91
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

ВСТУП

Обґрунтування актуальності проблеми дослідження. На території України є енергетичні системи, ізольовані від Єдиної енергетичної системи. Переважно дані енергетичні системи входять до енергетичної системи Заходу. Тут зосереджена велика кількість автономних систем, що не мають електричного зв'язку з районною енергетичною системою. Для електропостачання автономних систем, як правило, використовуються дизель-генераторні установки (ДГУ) різної встановленої потужності, сукупність яких утворює дизельну електростанцію (ДЕС). ДЕС властива висока вартість дизельного палива, обумовлена дальністю транспортування, обмеженістю термінів сезонного завезення, багатоланкової схеми поставок. Транспортна складова для таких споживачів може досягати 50-70% від загальних витрат. Все це призводить до високої вартості електроенергії від ДЕС. Зарубіжний досвід показує, що комбіноване застосування ВДЕ і акумулюючих пристроїв разом з традиційними енергетичними установками в АСЕП, є економічно ефективним способом енергозабезпечення споживачів у порівнянні з дизельними.

Метою роботи є підвищення енергоефективності автономних систем електропостачання (АСЕП) шляхом раціонального вибору основного генеруючого обладнання та оптимізації його робочих режимів.

Об'єктом дослідження є енергетичні процеси в АСЕП.

Предметом дослідження є техніко-енергетичні характеристики автономних систем електропостачання із відновлювальними джерелами енергії.

Завдання дослідження. Розробка комплексної методики оптимізації АСЕП.

Наукова новизна отриманих результатів.

- створено методику комплексної оптимізації АСЕП, що дозволяє врахувати кореляцію між параметрами навколишнього середовища

(швидкість вітру, хмарність, тиск, температура повітря і т.д.), а також їх динаміку, за рахунок використання результатів багаторічних спостережень автоматичних метеостанцій;

- розроблено підхід до проведення розрахунку електричних режимів при оптимізації АСЕП, що використовують ВДЕ іАБ;
- запропоновано метод обліку надійності електропостачання при вирішенні задачі комплексної оптимізації АСЕП;
- на основі методичних результатів роботи створено ПОК оптимізації складу обладнання АСЕП.

Практичне значення отриманих результатів.

- представлені практичні приклади оптимізації АСЕП для різних кліматичних умов;
- створена методика і реалізовано її ПОК, що дозволяє виконувати комплексну оптимізацію АСЕП, що працюють в широкому діапазоні зовнішніх умов.

Апробація результатів дослідження:

Результати досліджень, які наведені в магістерській роботі доповідались та обговорювались на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» 09 листопада 2023 року, місто Кам'янець – Подільський.

Публікації: Ілля ШИМІЛІН / МОЖЛИВОСТІ ТА БАР'ЄРИ НА ШЛЯХУ ВИКОРИСТАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ // III Всеукраїнська студентська науково-практична конференція «Ефективне використання енергії: стан і перспективи» (09 листопада 2023 року) / Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Кам'янець – Подільський. 2023.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ РОБОТИ

1. Розроблено та запропоновано методику комплексної оптимізації АСЕП, що дозволяє врахувати кореляцію між параметрами навколишнього середовища (швидкість вітру, тиск, температура повітря і т.д.), а також динаміку зміни даних параметрів, яка заснована на використанні багаторічних масивів спостережень автоматичних метеостанцій.

2. Реалізована модель розрахунку електричних режимів АСЕП із ВДЕ і АБ, в рамках рішення задачі по підвищенню енергетичної ефективності, що дозволяє здійснити вибір елементів трансформації, передачі, перетворення і акумулювання електроенергії. В свою чергу це дозволяє збільшити енергоефективність АСЕП на 25-33% та знизити капітальні затрати при реалізації нової АСЕП на 40%.

3. Запропоновано підхід до розрахунку показників надійності АСЕП з ВДЕ, АБ, елементами силової електроніки, який заснований на хронологічному моделюванні (послідовному розгляді з певним кроком всіх режимів роботи АСЕП протягом розрахункового періоду) в поєднанні з урахуванням випадкового характеру аварійних відмов елементів АСЕП і параметрів навколишнього середовища. Даний підхід дозволяє визначити показники надійності електропостачання споживачів АСЕП по роках розрахункового періоду. При цьому враховуються параметри потоку відмов елементів АСЕП, тривалість планових ТО і післяаварійних ремонтів, а також граничний напрацювання елементів АСЕП після досягнення яких вони виводяться в планові ТО і ремонти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. S.A. Klein. Calculation of monthly average insolation on tilted surfaces // Solar Energy. 1977. V. 19. P. 325-329.
2. S.A. Klein, W.A. Beckman. Review of Solar Radiation Utilizability // Journal of Solar Energy Engineering. 1984. V. 106. P. 1-10.
3. R.K. Aggarwal. Estimation of Total Solar Radiation on Tilted Surface // Journal of Environmental Engineering and Technology. 2013. V. 2. P. 4-6.
4. Ahmed Said Al Busaidi, Hussein A Kazem, Abdullah H Al-Badi, Mohammad Farooq Khan. A review of optimum sizing of hybrid PV–Wind renewable energy systems in Oman // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 53. P. 185-193.
5. Arnau Gonzales, Jordi-Roger Riba, Antony Rius, Rita Puig. Optimal sizing of a hybrid grid-connected photovoltaic and wind power system // Applied Energy. 2015. V. 154. P. 752-762.
6. Abdolvahhad Fetanat, Ehsan Khorasaninejad. Size optimization for hybrid photovoltaic–wind energy system using ant colony optimization for continuous domains based integer programming // Applied Soft Computing. 2015. V. 31. P. 196-209.
7. Amit Kumar Yadav, S.S. Chandel. Solar energy potential assessment of western Himalayan Indian state of Himachal Pradesh using J48 algorithm of WEKA in ANN based prediction model // Applied Soft Computing. 2015. V. 75. P. 675-693.
8. Guiseppe Marco Tina, Salvina Gagliano. Probabilistic modelling of hybrid solar/wind power system with solar tracking system // Renewable Energy. 2011. V. 36. P. 1719-1727.
9. Ahmad Murtaza Ershad, Robert J. Brecha, Kevin Haliman. Analysis of solar photovoltaic and wind power potential in Afghanistan // Renewable Energy. 2016. V. 85. P. 445-453. 100

10. Manuel Castaneda, Antonio Cano, Francisco Jurado, Higinio Sanchez, Luis M. Fernandez. Sizing optimization, dynamic modeling and energy management strategies of a stand-alone PV/hydrogen/battery-based hybrid system // International Journal of Hydrogen Energy. 2013. V. 38. P. 3830-3845.
11. A. Kaabeche, M. Belhamel, R. Ibtouen. Sizing optimization of grid-independent hybrid photovoltaic/wind power generation system // Energy. 2011. V. 36. P. 1214-1222.
12. Wei Wu, Ya-Yan Zhou, Mu-Hsuan Lin, Jenn-Jiang Hwang. Modeling, design and analysis of a stand-alone hybrid power generation system using solar/urine // Energy Conversion and Management. 2013. V. 74. P. 344-352.
13. Wei Zhou, Chengzhi Lou, Zhongshi Li, Lin Lu, Hongxing Yang. Current status of research on optimum sizing of stand-alone hybrid solar–wind power generation systems // Applied Energy 2010. V. 87. P. 380-389.
14. Getachew Bekele, Gelma Boneya. Design of a Photovoltaic-Wind Hybrid Power Generation System for Ethiopian Remote Area // Energy Procedia. 2012. V. 14. P. 1760- 1765.
15. Gilles Notton, Said Diaf, Ludmil Stoyanov. Hybrid Photovoltaic/Wind Energy Systems for Remote Locations // Energy Procedia. 2011. V. 6. P. 666-677.
16. Jasmina Radosavljević, Amelija. Dordevic. Defining of the intensity of solar radiation on horizontal and oblique surfaces Earth // Facta Universitatis. 2001. V. 2. P. 77-86.
17. Cooper P.I. The absorption of radiation in solar stills // Solar Energy. 1969. V. 12. P. 333-346.
18. F. Kasten, Young, A. T., Revised optical air mass tables and approximation formula // Applied Optics. 1989. V. 28. P. 4735-4738.
19. Meinel A.B., Meinel M.P. Applied solar energy //Addison Wesley Publishing Co. 1976.
20. Jonas Allegrini, Kristina Orehounig, Georgios Mavromatidis, Florian Ruesch, Viktor Dorer, Ralph Evins. A review of modelling approaches and tools 101

for the simulation of district-scale energy systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 52. P. 1391-1404.

21. Fang-Fang Li, Jun Qiu. Multi-objective optimization for integrated hydro–photovoltaic power system // Applied Energy. 2015.

22. Morteza Zare Oskouei, Ahmad Sadeghi Yazdankhad. Scenario-based stochastic optimal operation of wind, photovoltaic, pump-storage hybrid system in frequency- based pricing // Energy Conversion and Management. 2015. V. 105. P. 1105-1114.

23. M.K. Deshmukh, S.S. Deshmukh. Modeling of hybrid renewable energy systems // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. V. 12. P. 235-249.

24. Sajjad Haider Shami, Jameel Ahmad, Raheel Zafar, Muhammad Haris, Sajid Bashir. Evaluating wind energy potential in Pakistan's three provinces, with proposal for integration into national power grid // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2016. V. 53. P. 408-421.

25. Carlos Eduardo Camargo Nogueira, Magno Luiz Vidotto, Rosana Krauss Niedzialkoski, Samuel Nelson Melegari de Souza, Luiz Inacio Chaves, Thiago Edwiges, Darlisson Bentes dos Santos, Ivan Werncke. Sizing and simulation of a photovoltaic-wind energy system using batteries, applied for a small rural property located in the south of Brazil // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. V. 29. P. 151-157.

26. Esmail M.A. Mokheimer, Ahmed Z. Sahin, Abdullah Al-Sharafi, Ahmad I. Ali. Modeling and optimization of hybrid wind–solar-powered reverse osmosis water desalination system in Saudi Arabia // Energy Conversion and Management. 2013. V. 75. P. 86-97.

27. Aeidapu Mahesh, Kanwarjit Singh Sandhu. Hybrid wind/photovoltaic energy system developments: Critical review and findings // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2015. V. 52. P. 1135-1147.

28. Кириленко О. В., Трач І. В. Технічні особливості функціонування енергосистем при інтеграції джерел розподіленої генерації / О. В. Кириленко, І. В. Трач // Праці Інституту електродинаміки НАН України. – 2009. – Вип. 24. – С. 3–7. – ISSN 1727-9895.

29. Буцьо З. Ю. Мала гідроенергетика: світовий досвід і перспективи розвитку в Україні / З. Ю. Буцьо, Л. М. Луцюк, О. В. Гаврюк // Електропанорама. – 2011. – №6. – С. 47–51.
30. Лежнюк П. Д. Оптимальне керування розосередженими джерелами енергії в локальній електричній системі / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Збірник наукових праць. Спеціальний випуск. Ч. 1. – 2011. – С. 48–55. – ISSN 1727-9895.
31. Стогній Б.С. Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, С.П. Денисюк // Техн. електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.
32. Правила приєднання електроустановок до електричних мереж. Постанова НКРЕ №1137 від 14.12.2005.
33. Лежнюк П. Д. Розосереджені джерела електроенергії в електричних мережах / П. Д. Лежнюк, В. В. Кулик, О. А. Ковальчук, В. О. Хоменко // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. – 2011. – №1. – С. 104–108.
34. Нікіторович О.В. Мала гідроенергетика в Україні: перспективи і проблеми її розвитку. Енергоефективність, екологія та безпека / Гідроенергетика України. – 2003. – №1. – 40-44.
35. Бурикін О.Б. Оптимальне керування взаємовпливом електричних мереж енергосистем з урахуванням змінних параметрів // О.Б. Бурикін, В.О. Лесько, В.В. Видмиш, С.В. Гуцол / Збірник наукових праць ДонНТУ. – 2013 с.56-60.
36. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки Структура і правила оформлення ДСТУ 3008-2015. Режим доступу: https://science.kname.edu.ua/images/dok/derzhstandart_3008_2015.pdf. – Назва з екрана.
37. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник.-Л.:Афіша,2002.-320 с.

38. Електробезпека: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. – 295 с.

39. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, В.М.Дубік, О.В.Ткач, П.В.Потапський. (За загальною редакцією Михайлової Л. М.) – ПДАТУ, 2019. – 30 с.

40. Основи безпечної експлуатації електроустановок: Підручник / С. В. Панченко, О. І. Акімов, М. М. Бабаєв та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 149 с.

41. Система дистанційного навчання Moodle 2.7. – «ЗВО «ПДУ»». Режим доступу: <http://pdatu.net.ua/>. – Назва з екрана.