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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ РОБОТИ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДАХ ПАЛИВА

Виконав:
здобувач вищої освіти денної форми навчання освітнього ступеня «Бакалавр», освітньо-професійної програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
_____ Павло БЕЛІНСЬКИЙ

Керівник: канд. техн. наук, доцент
_____ **Павло ПОТАПСЬКИЙ**

Оцінка захисту:
Національна шкала_____
Кількість балів _____Шкала ECTS_____

Допускається до захисту:
«____» _____2026 р.
Гарант освітньої програми «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» кандидат технічних наук, доцент

_____**Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ 5
ВСТУП 6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТА ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВ У ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВКАХ 7
1.1 Сфери застосування та огляд сучасних систем автономного енергозабезпечення 7
1.2 Порівняльний аналіз переваг і обмежень газотурбінних генераторів 8
1.3 Узагальнені висновки до розділу 1 13
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ПАЛИВОПОДАЧІ ГТУ 14
2.1 Робочі принципи функціонування газотурбінних установок 14
2.2 Методика вибору турбокомпресора для ДВЗ 18
2.3 Алгоритм розрахунку термодинамічних характеристик 27
2.4 Узагальнені висновки до рорзділу 2 32
РОЗДІЛ 3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПАЛИВНОЇ СИСТЕМИ ГАЗОТУРБІННОЇ УСТАНОВКИ 33
3.1 Визначення параметрів камери згоряння при використанні різних видів палива в газотурбінній установці 33
3.2 Методика розрахунку камери згоряння для багатопаливної МГТУ 35
3.3 Розроблення системи керування 47
3.4 Обчислення коефіцієнта корисної дії газотурбінної установки 52
3.5 Узагальнені висновки до розділу 3 53

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГТУ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВАХ 54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 59
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА
ДОДАТКИ

ВСТУП

В умовах сучасних викликів енергетичної безпеки, зростання вартості традиційних енергоресурсів та посилення екологічних вимог особливої актуальності набуває питання використання альтернативних видів палива в енергетичних установках. Газотурбінні установки (ГТУ), які широко застосовуються в енергетиці, транспорті та промисловості, характеризуються високою ефективністю, мобільністю та надійністю. Водночас їх традиційна орієнтація на викопні види палива обмежує можливості подальшого розвитку в контексті декарбонізації та зниження шкідливих викидів.

Одним із перспективних напрямів підвищення екологічності та економічної ефективності ГТУ є впровадження альтернативних палив, таких як біогаз, водень, синтетичні гази або їх суміші. Проте перехід на такі види палива потребує адаптації існуючих систем, зокрема системи паливоподачі, яка відіграє ключову роль у забезпеченні стабільності горіння, ефективності роботи та безпеки установки.

Модернізація системи паливоподачі газотурбінної установки передбачає вирішення комплексу технічних задач, пов’язаних із зміною фізико-хімічних властивостей палива, забезпеченням необхідних параметрів подачі, а також оптимізацією процесів змішування та згоряння. Важливим аспектом є також забезпечення надійної та безпечної роботи системи при змінних режимах експлуатації.

Метою даної кваліфікаційної роботи є дослідження та розробка заходів з модернізації системи паливоподачі газотурбінної установки для забезпечення її ефективної роботи на альтернативних видах палива. Для досягнення поставленої мети передбачено аналіз існуючих конструкцій та принципів роботи систем паливоподачі, оцінку характеристик альтернативних палив, а також розробку технічних рішень щодо удосконалення відповідної системи.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел показав, що в Україні серійне виробництво мікрогазотурбінних установок відсутнє, а їх застосування в аграрних технологічних процесах має обмежений характер і не набуло широкого поширення.

Для створення МГТУ були обрані методики розрахунку, які дозволяють використовувати турбокомпресори від двигунів внутрішнього згоряння, що випускаються промисловістю, з діапазоном електричної потужності від 3 до 35 кВт.

З метою забезпечення стабільної та безпечної роботи розроблено систему автоматичного управління, яка здійснює регулювання всіх ключових параметрів у визначеній послідовності та підтримує необхідний режим горіння.

Теоретичні розрахунки показали, що електричний ККД установки становить 19 %, а тепловий – 65,1 %.

Впровадження серійного виробництва МГТУ за обраною методикою є економічно доцільним, оскільки вартість одного кіловата встановленої потужності може бути удвічі нижчою за існуючі на ринку аналоги при збереженні подібних технічних характеристик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок : [арх. 15 березня 2020] / Міненерговугілля України. — Київ : [б. в.], 2017. — 617 с.

2. ДСТУ 3569-97 Енергозбереження нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Основні положення (ГОСТ 30514-97). Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=25862. – Назва з екрана.

3. Волох П.В., Цоколенко М.П., Ревенко Л.В., Грічаненко В.А. та ін. Довідникова книга з електроенергетики : Навчальний посібник – К.: Аграрна освіта, 2014. – 506 с.

4. ДНАОП 0.00-1-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. – К.: Укрархбудінформ, 2001. – 117 с.

5. Електропривод: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко [та інш.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: «Ліра-К», 2009. – 504 с.

6. Електропривод: ч.1 / О.С. Марченко, Ю.М. Лавриненко, П.І. Савченко, Є.Л. Жулай; За ред. О.С. Марченка. – К.: Урожай, 2010. – 208 с.

7. Олійник В.С. Практикум з електропривода / В.С. Олійник, О.С. Марченко, Є.П. Жулай, Ю.М. Лавріненко. – К.: Урожай, 2003. – 190 с.

8. Корчемний М. Енергозбереження в агропромисловому комплексі / Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. - Тернопіль : Підручники і посібники, 2001. - 984с.

9. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепіков В.Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводами. Навч. посіб. за напрямом «Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепіков та ін. – К.: Либідь, 2005. – 680 с. Ч1.

10. Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепіков В.Б. та ін. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посіб. за напрямом

«Електромеханіка» / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепіков та ін. – К.: Либідь, 2005. – 680 с. Ч2.

11. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

12. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с.

13. Булгар В.В. Теорія електроприводу: збірник задач. / ОНПУ Одеса: Поліграф, 2006 – 408 с.

14. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода.-К.: Кондор, 2005.-408с.

15. Б. Х Драганов, В. В. Іщенко, О. В. Шеліманова. Експлуатація теплоенергетичних установок і систем. К.:Аграрна освіта. 2009.-230 с

16. Енергозбереження. Посібник для загальноосвітньої школи, Львів: Праховник А.В., Мельникова О.В., Конеченков А.Є., Іншеков Є.М., Дешко В.І. / Політра Друку, 2003, - 92 с.

17. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні полонення та правила складання. Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://kubg.edu.ua/images/stories/podii/2017/06_21_posylannia/dstu_8302.pdf. – Назва з екрана.

18. 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.

19. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці:Підручник.-Л.:Афіша,2002.-320 с.

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

21. 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.

22. Методичні рекомендації щодо виконання та оформлення кваліфікаційної роботи магістра / П.В.ПОТАПСЬКИЙ, Л.М.МИХАЙЛОВА, І.Д.ГАРАСИМЧУК, В.М.ДУБІК, О.В.КОЗАК, О.В.ДУМАНСЬКИЙ, А.В.ПЕЧЕНЮК, Ю.І.ПАНЦИР. (За загальною редакцією П.В.ПОТАПСЬКОГО) – ЗВО «ПДУ», 2025. – 38 с.

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

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