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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ ПРИВОДНОЇ СТАНЦІЇ СТРІЧКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА СПЕЦКАР’ЄРА З ВИРОБНИЦТВА ЩЕБЕНЮ ІЗ ЩІЛЬНОГО ВАПНЯКУ»

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

КУЧЕР Олександр Володимирович

Керівник канд.техн.наук, доцент
ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович

Оцінка захисту:
Національна шкала _____
Кількість балів_____Шкала ECTS _____
«___» _____ 2026 р.

Допускається до захисту:
«___» _____ 2026 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
канд. техн. наук, доцент **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2026

ЗМІСТ

Стор.

ВСТУП 7

1 АНАЛІЗ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЕЛЕКТРОПРИВОДА 8

1.1 Аналіз виробничої діяльності ТОВ «Бурдяківський спецкар'єр» 8

1.2 Аналіз конструкцій та принципів роботи стрічкових конвеєрів 12

1.3 Вимоги до електроприводів стрічкових конвеєрів та систем керування ними 21

1.4 Огляд існуючих систем автоматичного керування електроприводами стрічкових конвеєрів 23

Висновки до розділу 1 29

2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА 30

2.1 Розрахунок потужності приводної станції стрічкового конвеєра 30

2.2 Вибір електродвигуна за потужністю та кутовою швидкістю 37

2.3 Перевірка вибраного електродвигуна за нагріванням та умовами пуску 38

Висновки до розділу 2 41

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА ВИБІР СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ 42

3.1 Розробка узагальненої функціональної схеми електропривода стрічкового конвеєра 42

3.2 Розробка уточненої функціональної схеми системи керування електроприводом стрічкового конвеєра 46

3.3 Розрахунок елементів випрямляча змінного струму 48

3.4 Розрахунок ємнісного фільтра 49

3.5 Розрахунок і вибір транзисторів та шунтувальних діодів автономного інвертора напруги 50
3.6 Розробка принципової електричної схеми системи керування електроприводом стрічкового контейнера 51
Висновки до розділу 3 54
4. ОХОРОНА ПРАЦІ 55
4.1 Заходи безпеки при організації роботи конвеєра та попередження аварійних ситуацій 55
4.2 Вимоги до електробезпеки 56
4.3 Вимоги до пожежної безпеки 58
4.4 Розрахунок пристрою захисного заземлення для пересувного стрічкового конвеєра 59
Висновки до розділу 4 62
5 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ 63
Висновки до ролзділу 5 75
ВИСНОВКИ 76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 78
ДОДАТКИ 81

ВСТУП

Сучасні стрічкові конвеєри є одним із найефективніших видів безперервного транспорту, що забезпечує високу продуктивність при переміщенні насипних і штучних вантажів. Вони широко застосовуються у промисловості, гірничодобувній сфері та сільському господарстві завдяки простоті конструкції, надійності та можливості транспортування вантажів на значні відстані.

Стрічкові конвеєри відіграють важливу роль у безперервних технологічних процесах, забезпечуючи стабільність виробництва, підвищення продуктивності праці та зниження витрат на транспортування матеріалів. Їх ефективність значною мірою залежить від системи електроприводу та способу керування.

Традиційно для приводу конвеєрів використовувалися асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором із релейно-контактними системами керування. Проте такі рішення мають суттєві недоліки, зокрема низьку енергоефективність, значні втрати потужності, підвищені динамічні навантаження та обмежений ресурс комутаційної апаратури.

Сучасною тенденцією розвитку є впровадження регульованих електроприводів на основі перетворювачів частоти. Частотне керування асинхронними двигунами дозволяє забезпечити плавне регулювання швидкості, зменшити енергоспоживання, підвищити надійність роботи обладнання та знизити механічні навантаження на елементи конвеєра.

Таким чином, перехід до частотно-керованих електроприводів є перспективним напрямом підвищення ефективності та автоматизації стрічкових транспортних систем.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи отримано такі основні результати:

1. Встановлено, що характерною особливістю стрічкових конвеєрів є значний статичний момент опору в стані спокою, який може перевищувати номінальний. Електродвигуни таких механізмів працюють у складних умовах навколишнього середовища: запилених, вологих приміщеннях, при підвищених або знижених температурах, на відкритому повітрі та в агресивних середовищах. У зв'язку з цим до електропривода стрічкових конвеєрів висуваються вимоги високої надійності, простоти обслуговування та забезпечення підвищеного пускового моменту.

2. З метою зменшення динамічних навантажень, забезпечення надійного зчеплення стрічки з приводним барабаном і вантажу зі стрічкою, електропривод конвеєрів, особливо великої довжини, повинен обмежувати прискорення під час пуску до допустимих значень, а також зменшувати коливні динамічні навантаження.

3. Для магістральних стрічкових конвеєрів, що працюють зі змінним навантаженням протягом тривалого часу, доцільним є регулювання швидкості тягового органа з метою стабілізації навантаження вантажонесучих гілок. Це дозволяє підвищити енергоефективність роботи конвеєрних установок, зменшити пробіг стрічки та збільшити ресурс конвеєрної стрічки.

4. Проведено розрахунок потужності, необхідної для приводу стрічкового конвеєра 2Л120А, встановленого в умовах кар'єру. Обрано асинхронний двигун типу AIP 132S4 потужністю 7,5 кВт із номінальною частотою обертання 1500 об/хв та черв'ячний редуктор Ч63 виробництва ЗАТ «НВО Гідромаш-1» з передавальним числом 35. Виконано перевірку електродвигуна за умовами нагрівання та пуску, яка підтвердила коректність його вибору. Встановлено, що двигун може бути використаний для приводу стрічкового конвеєра в умовах ТОВ «Бурдяківський спецкар'єр».

5. Розроблено функціональну схему електропривода приводної станції стрічкового конвеєра із підпорядкованою системою керування та двома зворотними зв’язками за швидкістю та струмом електродвигуна. Виконано розрахунок елементів керованого випрямляча змінного струму, ємнісного фільтра, а також вибір силових транзисторів і шунтувальних діодів автономного інвертора напруги. Розроблено принципову електричну схему системи керування електроприводом.

7. Розроблено заходи з охорони праці під час організації роботи конвеєра та попередження аварійних ситуацій. Розглянуто вимоги електробезпеки та пожежної безпеки при експлуатації стрічкових конвеєрів. Виконано розрахунок пристрою захисного заземлення для пересувного стрічкового конвеєра, який відповідає нормативним вимогам.

8. Аналіз техніко-економічних показників показав, що недоліком електроприводів постійного струму є висока вартість та складність технічного обслуговування електродвигунів. Асинхронні двигуни є більш простими, надійними та економічно вигідними. Використання частотного перетворювача дозволяє забезпечити необхідний діапазон регулювання продуктивності та підвищити ефективність роботи привода.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕД

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Харків : Форт, 2017. 760 с.
2. Методичні рекомендації з підготовки дипломних проектів освітнього ступеня «Бакалавр» / Т.Д.Гуцол, Л.М.Михайлова, І.Д.Гарасимчук, О.В.Ткач та ін. (За загальною редакцією Михайлової Л.М., Гарасимчука І.Д.) – ПДАТУ, 2019. – 38 с.
3. БУРДЯКІВСЬКИЙ СПЕЦКАР'ЄР https://www.burdyakivskyy-karyer.com.ua/contacts.html.
4. А.П. Голуб, Б.І. Кузнєцов, І.О. Опришко, В.П. Соляник. Системи керування електроприводами: Навчальний посібник. - К.: НМК ВО, 1992.-352с.
5. Бурштинський М. В. Апарати захисту та керування в електричних установках низької напруги: Навчальний посібник / М. В. Бурштинський, Л. С. Копчак, М. В. Хай. - Львів : Львівська політехніка, 2007. - 171 с.
6. В.А.Гольфстрем, А.С. Іваненко Довідник енергетика промислових підприємств . – К.:"Техніка",1977. – 469 с.
7. Волотковський С. А., Ємец В. І., Козло В. К. Типовий електропривод промислових установок. – К.: Вища школа, 1983 – 312 с.
8. Електромеханічні системи автоматизації та електроприводи. За ред. М.Г. Поповича та О. Ю. Лозинського. Навчальний посібник. – К.: Либідь, 2005.– 678 с.
9. Елтех. Обладнання промислової автоматизації. Перетворювачі частоти. Режим доступу: http://eltech.kiev.ua/g8362914-preobrazovateli-chastoty-75kvt.
10. Моделювання електромеханічних систем: Підручник / Чорний О.П., Луговой А.В., Д.Й.Родькін, Сисюк Г.Ю., Садовой О.В.– Кременчук, 2001. – 410 с.

11. Паранчук Я.С. Проектування і розрахунок режимів та характеристик електромеханічних систем та їх елементів: Навчальний посібник. / Я.С.Паранчук, Л.Ф. Карпюк, А.В. Маляр, В.О. Чумакенвич, – Львів: АСВ, 2011.

12. Плахтина О.Г. та ін. Частотно-керовані асинхронні та синхронні електроприводи: Навч. посібник. - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2002. - 228 с.

13. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.

14. Теорія електропривода/За ред. М.Г.Поповича. – К.: Вища шк., 1993. – 495с.

15. Бєлов М. П., Новіков В. А., Розсудів Л. Н. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів : підручник. Київ : Академія, 2007. 576 с.

16. Москаленко В. В. Електричний привід : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 504 с.

17. Соколовський Г. Г. Електроприводи змінного струму з частотним регулюванням. Львів : Афіша, 2006. 340 с.

18. Сибірцев В. В., Ситник В. Ф. Автоматизація виробничих процесів. Київ : Либідь, 2002. 352 с.

19. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). Київ : Мінпаливенерго України, 2015. 308 с.

20. ДСТУ EN 60204-1:2015. Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

21. ДСТУ EN 62061:2017. Безпечність машин. Функціональна безпечність систем керування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.

22. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. Київ, 2001.

23. Левін Б. В. Підйомно-транспортні машини та механізми. Київ : Вища школа, 2004. 448 с.

24. Машини безперервного транспорту : навчальний посібник / за ред. Д. І. Мазоренка. Харків : ХНТУСГ, 2008. 100 с.

25. Грудзевич Ю. І. Конвеєрний транспорт гірничих підприємств. Дніпро : НГУ, 2013. 412 с.

26. Волков Л. І. Автоматизація технологічних процесів і виробництв. Київ : Каравела, 2005. 344 с.

27. ДСТУ ISO 5048:2015. Конвеєри стрічкові. Розрахунок необхідної потужності та натягу стрічки. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.

28. ДСТУ ISO 14890:2018. Стрічки конвеєрні гумотканинні. Технічні вимоги. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

29. ДБН В.2.5-23:2010. Проєктування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.