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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОЕЛЕВАТОРА»

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

ШУРИПА Дмитро Романович

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 ЕЛЕКТРИЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОЕЛЕВАТОРА 8

1.1 Силові електричні навантаження зерноелеватора 8

1.2 Освітлювальні навантаження зерноелеватора 9

1.3 Електричні навантаження зерноелеватора у мережах вище 1кВ 14

1.4 Графіки електричних навантажень зерноелеватора 15

Висновки до розділу 1 26

2 ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ВИБІР СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОЕЛЕВАТОРА 27

2.1 Картограма електричних навантажень 27

2.2 Вибір напруги живлення ек та електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання 30

Висновки до розділу 2 38

3 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗЕРНОЕЛЕВАТОРА 40

3.1 Баланс реактивної потужності ЕК та вибір пристроїв для її компенсації 40

3.2 Вибір кількості, потужності та місця розташування КП 43

Висновки до розділу 3 44

4 ТРАНСФОРМАТОРНІ ПІДСТАНЦІЇ ЗЕРНОЕЛЕВАТОРА 45

4.1 Вибір кількості, потужності та місця розташування центрального розподільного пункту 45

4.2 Вибір та розташування комплектної трансформаторної підстанції зерноелеватора 47

Висновки до розділу 4 49

Стор.

5 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ВИБІР ТА ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ І ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЗЕРНОЕЛЕВАТОРА 50

5.1 Струми короткого замикання в системі електропостачання ЕК 50

5.2 Вибір та перевірка кабельних ліній та високовольтного обладнання зерноелеватора 53

5.3 Зменшення споживання електроенергії при експлуатації конвеєрних ліній 57

5.4 Керування поточно-транспортними системами елеваторного комплексу з використанням реле EASY 61

Висновки до розділу 5 70

ВИСНОВКИ 71

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 73

ДОДАТКИ 75

ВСТУП

Елеваторний комплекс є сучасною інженерно-технологічною системою, призначеною для приймання, обробки, зберігання та відвантаження зернових культур. До його складу входять робочі башти, силосні корпуси, транспортні системи та допоміжні інфраструктурні об’єкти, що забезпечують безперервність технологічного процесу.

Основним технологічним вузлом комплексу є робоча башта, у якій розташовані норії, конвеєри, зерноочисне та сушильне обладнання, аспіраційні установки й допоміжні механізми. Силосні корпуси виконують функцію зберігання зерна та забезпечують його захист від впливу зовнішніх факторів.

Транспортування зерна між технологічними ділянками здійснюється за допомогою норій, стрічкових і скребкових конвеєрів та самопливних труб. Технологічний процес включає приймання зерна, його очищення, сушіння, формування партій, зберігання та подальше відвантаження. Контроль і керування обладнанням здійснюються централізовано з операторської за допомогою автоматизованих систем.

Загальна місткість елеваторного комплексу становить близько 160 тис. тонн одночасного зберігання зерна. За надійністю електропостачання підприємство належить до споживачів другої категорії та живиться від підстанції 35/10 кВ. Режим роботи комплексу залежить від сезонності та може здійснюватися в одну, дві або три зміни.

Таким чином, елеваторний комплекс являє собою високотехнологічний об’єкт із безперервним циклом роботи, ефективне функціонування якого значною мірою залежить від надійної та енергоефективної системи електропостачання.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано проєктування системи електропостачання зерноелеваторного комплексу з урахуванням вимог надійності, енергозбереження та перспективи розвитку підприємства.

Відповідно до структури об’єкта та розрахованих електричних навантажень передбачено встановлення центрального розподільчого пункту напругою 10 кВ. Живлення цехових трансформаторних підстанцій ТП-1 і ТП-2 організовано за радіальною схемою. Обґрунтовано застосування двох двотрансформаторних підстанцій із силовими трансформаторами потужністю 630 кВА кожний, що забезпечує необхідний рівень надійності електропостачання.

Для зменшення втрат електроенергії та підвищення ефективності роботи системи виконано розрахунок компенсації реактивної потужності. Передбачено встановлення низьковольтних конденсаторних установок сумарною потужністю 1400 квар, що дозволяє покращити коефіцієнт потужності та знизити навантаження на мережу.

На основі виконаних розрахунків струмів короткого замикання здійснено вибір та перевірку високовольтного електрообладнання, а також кабельних ліній, що живлять цехові трансформаторні підстанції. Це забезпечує їх термічну та електродинамічну стійкість у аварійних режимах роботи.

Окремо проаналізовано роботу конвеєрних ліній як основних споживачів електроенергії елеватора. Визначено заходи з підвищення енергоефективності електроприводів, виконано обґрунтування вибору потужності двигунів та запропоновано технічні рішення щодо зниження енергоспоживання під час експлуатації.

Для автоматизації та оптимізації керування технологічними процесами впроваджено програмовані логічні реле типу EASY, на базі яких реалізовано систему керування групою конвеєрів. Розроблено принципові схеми електроживлення та кола керування електроприводами, що забезпечують узгоджену роботу обладнання.

У цілому розроблена система електропостачання зерноелеваторного комплексу відповідає сучасним вимогам щодо надійності, енергоефективності та електробезпеки, а також забезпечує можливість подальшого розширення та модернізації відповідно до розвитку підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок / Міненерговугілля України. – Київ : 2017 . -617 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. Електротехнічні системи електроспоживання / [Плєшков П. Г., Зінзура В.В., Гарасьова Н. Ю., Котиш А.І., Величко Т.В., Плєшков С.П.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукр. нац. техн. ун-т.- Кропивницький : ПП «ЕксклюзивСистем», 2021.-209 с.

4. Електропостачання промислових підприємств / Плєшков П. Г., Орлович А. Ю., Котиш А.І. Навчальний посібник – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2007р. – 386.

5. Енергоефективні системи освітлення для промислових та комунальнопобутових споживачів / [Плєшков П. Г., Орлович А. Ю., Серебренніков С. В., Бегун А. П., Різуненко А. О., Гарасьова Н. Ю., Зінзура В. В] ;– Харків: ТОВ «Цифра Принт», 2018.– 242с.

6. Електричне обладнання підстанцій систем електропостачання / Орлович А.Ю., Плєшков П.Г., Козловський О.А., Співак О.В., Котиш А.І., Величко Т.В. Навчальний посібник. Видавець Лисенко В.Ф., м. Кропивницький, 2020р. – 272 с.

7. Плєшков П.Г., Гарасьова Н.Ю., Коновалов І.В., Мануйлов В.Ф. Проектування електричного освітлення промислових підприємств: Навчальний посібник.- Кіровоград : РВЛ КНТУ, 2008.

8. Конденсаторні установки 0,4 кВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://electrocontrol.com.ua/ua/elektroshhitovoeoborudovanie/kondensatornye-ustanovki-aku-04

9. Конденсаторні установки 10 кВ [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://electrocontrol.com.ua/ua/vysokovoltnoe-oborudovanie/ustrojstvakompensacii-reaktivnoj-moshhnosti-tipa-ukm04-i-uk610.html

10. Кабельні лінії [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ukrprovod.com.ua/

11. Трансформатори ТМГ-1000 ЕКОДІЗАЙН [Електронний ресурс]. – Режим доступу:https://ktek.com.ua/ua/p1618446293-transformator-tmg-250.html

12. Трансформатори ТМН-6300/35/10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://elektro-zavod.com.ua/ua/silovoj-maslyanyj-transformator-tmnnapryazhenie-35-kv-moshn-2

13. Комплектні трансформаторні підстанції блочного типу [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://electrocontrol.com.ua/ua/vysokovoltnoeoborudovanie/komplektnye-transformatornye-podstancii-blochnogo-tipa-ktpb.html

14. Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник. - К: Кондор, . - 408 с. 2025.

15. Плєшков С.П., Серебренніков С.В. Енергоефективний електропривод у промисловості та сільськогосподарському виробництві. Навчальний посібник. – Кіровоград: РВЛ КНТУ, 2016. – 160 с.

16. Новая линейка программируемых реле Easy-E4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://shop.uniset.ua/index.php?route=product/product/download&product_id=2379&download_id=11

17. Програмовані реле Easy-E4 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.eaton.com/ua/uk-ua/catalog/industrial-control--drives--automation---sensors/easyE4-programmable-relays.html