

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри енергетики  
та електротехнічних систем

\_\_\_\_\_  
доцент Чепіжний А.В.

**КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ**  
за першим бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко»  
Роменського району, Сумської області з розробкою монтажу АВР 0,4  
кВт від ДЕС»

---

Виконав:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Євтушенко А.В.  
(прізвище, ініціали)

Група:

ЕТЕС 2201 с.т.

Керівник:

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сіренко Ю.В.  
(Прізвище, ініціали)

**Суми – 2024**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

**Завідувач кафедри енергетики та електротехнічних систем**

\_\_\_\_\_ доцент **Чепіжний А.В.**

(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

\_\_\_\_\_ *Євтушенку Андрію Вячеславовичу*

(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема проекту:** *Електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» Роменського району, Сумської області з розробкою монтажу АВР 0,4 кВт від ДЕС*

керівник проекту: *Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, доцент.*

затверджено наказом по університету від «08» лютого 2024 р. № 407-ос.

**2. Термін подання здобувачем закінченого проекту:** *«20» травня 2024 р.*

**3. Вихідні дані до проекту:** *матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти, посібники, методичні рекомендації до виконання проекту, інтернет-джерела*

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці):

*Вступ.*

*1. Аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ «Завод Кобзаренка»*

*2. Проектування системи електропостачання території №3 ТОВ «Завод Кобзаренко».*

*3. Вибір електричних апаратів для КТП 10/0,4 кВ*

*4. Розробка системи аварійного включення резерву*

*5. Охорона праці.*

*6. Екологія.*

*7. Економічне обґрунтування*

*Висновки*

**5. Перелік графічного матеріалу** (з точною вказівкою обов'язкових креслень):

*1. Територія №3. ТОВ «Завод Кобзаренка». Мережі 10 та 0,4 кВ. Схема електрична розташування.*

*2. КТПН-160-10-0,4 УХЛІ. Креслення загального виду.*

3. КТПН-160-10-0,4 УХЛІ. Кола первинної комутації. Схема електрична принципова.

4. Шафа автоматичного включення резерву АВР-200-250-54УЗ. Схема електрична принципова.

5. Показники техніко-економічні. Таблиця.

**6. Консультанти розділів проекту (з вказівкою розділів, що відносяться до проекту):**

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці	доцент Василенко О.О.	
Економічне обґрунтування	ст. викладач Шашков С.В.	
Нормоконтроль	ст. викладач Рибенко І.О.	

**КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проекту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листа 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7, 8 та 9. Підготовка листа 5 та 6 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проекту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проекту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (Андрій ЄВТУШЕНКО)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

**Керівник кваліфікаційного проекту**

\_\_\_\_\_ (Юлія СІРЕНКО)  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» Роменського району Сумської області з розробкою монтажу АВР 0,4 кВт від ДЕС: Дипломний проект / Євтушенко Андрій Вячеславович – Суми: СНАУ, 2025 р. – 54 с.

Кваліфікаційний проект присвячений розробці проекту електропостачання для об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко», який розташований у Роменському районі Сумської області, з акцентом на створення системи автоматичного ввімкнення резерву 0,4 кВ від дизель-електричної станції. Основною метою роботи є підвищення надійності та безперебійності електропостачання для виробничих потужностей підприємства шляхом оптимізації існуючої електричної мережі та впровадження автоматизованих систем для аварійного відновлення живлення.

У першому розділі проекту проведено комплексний аналіз виробничо-господарської діяльності ТОВ «Завод Кобзаренко». Оцінено стан наявної системи електропостачання підприємства, виявлено її слабкі місця та запропоновано способи їх усунення. Зокрема, розглянуто необхідність модернізації електричних мереж для забезпечення стабільного функціонування виробничих процесів.

У другому розділі здійснено розрахунок електричних навантажень виробничих об'єктів, а також розроблено схему живлення для території №3 заводу. Визначено характеристики кабельних ліній 0,4 кВ, розраховано втрати напруги, струми короткого замикання, а також визначено кількість і потужність необхідних трансформаторів для забезпечення надійного електропостачання. Окремо розглянуто вибір кабелів для КЛ, що забезпечують оптимальний баланс між технічними характеристиками та економічною доцільністю.

Третій розділ присвячений вибору та розрахунку електричних апаратів для трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ. Розроблено схему первинних кіл комутації, що забезпечить безпечну і ефективну роботу електричних установок. Зокрема, вибрано роз'єднувачі, автоматичні вимикачі та інші апарати для забезпечення захисту від коротких замикань і перевантажень.

Важливою частиною роботи є розробка системи аварійного ввімкнення резерву. Для забезпечення безперебійного електропостачання в разі відключення основного джерела живлення розраховано потужність дизель-електричної станції, а також розроблено схему АВР. Це дозволить оперативно перемикає навантаження на резервне джерело енергії без значних втрат у виробничому процесі.

Окрім того, проект містить розділи, присвячені питанням охорони праці, екології та економічного обґрунтування розроблених рішень. У розділі з охорони праці розглянуті заходи для забезпечення безпечних умов роботи з електричними мережами, а в розділі з екології – рекомендації щодо зниження негативного впливу електричних установок на навколишнє середовище. Економічне обґрунтування проекту дозволяє оцінити фінансову доцільність реалізації запропонованих заходів.

**Ключові слова:** електропостачання, автоматичне ввімкнення резерву, дизель-електрична станція, трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ, кабельні лінії, електричні навантаження, коротке замикання, економічне обґрунтування, охорона праці, екологія, безпека, надійність електричного живлення.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»</b> .....	10
1.1. Загальна інформація про підприємство .....	10
1.2. Аналіз стану системи електропостачання підприємства .....	11
1.3. Висновки та пропозиції .....	12
<b>2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕРИТОРІЇ №3 ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»</b> .....	14
2.1. Розрахунок електричних навантажень виробничих об'єктів .....	14
2.2. Розрахунок центру електричних навантажень заводу .....	15
2.3. Розробка схеми живлення території №3 .....	16
2.4. Визначення електричних навантажень КЛ 0,4 кВ .....	18
2.5. Розрахунок кількості та потужності трансформаторів .....	19
2.6. Вибір кабелів для КЛ .....	22
2.7. Визначення втрат напруги в кабельних лініях .....	24
2.8. Визначення струмів короткого замикання .....	25
<b>3. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КТП 10/0,4 КВ</b> .....	28
3.1. Вибір та складання схеми первинних кіл комутації КТП .....	28
3.2. Складання однолінійної схеми мережі .....	30
3.3. Вибір роз'єднувача .....	30
3.4. Розрахунок, вибір і перевірка автоматичних вимикачів.....	31
<b>4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ВКЛЮЧЕННЯ РЕЗЕРВУ</b> .....	34
4.1. Загальні вимоги до системи АВР .....	34
4.2. Визначення потужності та вибір дизельного генератора .....	35
4.3. Розробка системи автоматичного включення резерву .....	36
4.4. Розробка рекомендацій щодо експлуатації системи АВР .....	38
<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ</b> .....	40
<b>6 ЕКОЛОГІЯ</b> .....	45
<b>7. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ</b> .....	48
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	51
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</b> .....	52

## ВСТУП

В умовах стрімкого розвитку промисловості та підвищених вимог до надійності енергозабезпечення особливого значення набуває проектування систем електропостачання сучасних підприємств. ТОВ «Завод Кобзаренко», розташоване в Роменському районі Сумської області, є провідним вітчизняним виробником сільськогосподарської техніки, тому забезпечення його безперебійної роботи напряму впливає на економічну ефективність регіону. Враховуючи зростаючі навантаження на енергосистему та необхідність безперервного живлення критично важливих об'єктів підприємства, актуальною є розробка сучасної, надійної та безпечної системи електропостачання з впровадженням автоматичного вводу резерву (АВР) на напрузі 0,4 кВт від дизельної електростанції (ДЕС).

Сучасні умови експлуатації промислових підприємств вимагають впровадження технічних рішень, які гарантують стабільне енергоживлення навіть за умов аварійних ситуацій або перебоїв у централізованому постачанні електроенергії. Системи АВР дозволяють автоматично перемикаати навантаження на резервне джерело живлення без втручання оператора, що мінімізує час простою обладнання та знижує ймовірність технологічних порушень. Таким чином, інтеграція дизельної електростанції в енергосистему підприємства є доцільним та ефективним рішенням для забезпечення безперервності виробничого процесу.

Метою даного кваліфікаційного проекту є розробка технічного рішення з електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» з урахуванням встановлення АВР та резервного джерела живлення, яке дозволить суттєво підвищити надійність електропостачання. У проекті виконано аналіз існуючих умов, визначено електричні навантаження, розроблено принципову схему підключення АВР, а також підібрано відповідне обладнання з урахуванням технічних та економічних показників. Комплексний підхід до вирішення цього завдання

дозволить забезпечити сталу та ефективну роботу підприємства у будь-яких умовах..

# 1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»

## 1.1. Загальна інформація про підприємство

ТОВ «Завод Кобзаренка» – одне з провідних підприємств машинобудівної галузі України, яке спеціалізується на виробництві сільськогосподарської техніки, причепів, бункерів-накопичувачів, перевантажувальних систем, а також іншого обладнання для аграрного сектору. Підприємство розташоване в Роменському районі Сумської області (рис. 1.1), що забезпечує зручну логістику як для постачання сировини, так і для транспортування готової продукції по території України та за її межі [1].



Рис. 1.1. Частина виробничих потужностей ТОВ «Завод Кобзаренка»

Засноване у 1993 році, підприємство пройшло значний шлях розвитку – від невеликої майстерні до одного з найтехнологічніших заводів з сучасним виробничим парком. На сьогодні ТОВ «Завод Кобзаренка» має високий рівень автоматизації виробництва, використовує сучасні зварювальні комплекси, лазерні

верстати, фарбувальні камери та інше високоточне обладнання. Загальна чисельність працівників складає понад 1000 осіб, серед яких висококваліфіковані інженери, конструктори та технічні спеціалісти.

Продукція підприємства користується попитом не лише на українському ринку, а й експортується до країн Європи, Азії та Північної Америки. Завод має сертифікацію міжнародного рівня, що підтверджує високу якість виробів та відповідність міжнародним стандартам. Енергозабезпечення всіх виробничих та адміністративних об'єктів є критично важливим фактором стабільної роботи підприємства, тому модернізація системи електропостачання із впровадженням АВР та резервного живлення є пріоритетним напрямком розвитку інфраструктури заводу.

## **1.2. Аналіз стану системи електропостачання підприємства**

Електропостачання ТОВ «Завод Кобзаренка» (території №3, м. Ромни) забезпечується від ТП 10/0,4 кВ, яка отримує живлення від РТП 35/10 кВ по повітряній лінії 10 кВ.

Електропостачання ТОВ «Завод Кобзаренка» здійснюється від комплектної трансформаторної підстанції (КТП) з трансформацією напруги 10/0,4 кВ, розташованої безпосередньо на території підприємства. Потужність трансформатора становить 100 кВА, що відповідає базовим потребам споживачів у нормальному режимі роботи, але з урахуванням перспектив розвитку підприємства та збільшення обсягів виробництва ця потужність наближається до гранично допустимого навантаження.

У трансформаторній підстанції встановлено маслонаповнений трансформатор типу ТМ-100/10, номінальною напругою 10/0,4 кВ, із з'єднанням обмоток  $\Delta/Y_n$ . Для захисту і комутації високовольтного обладнання використовується роз'єднувач типу РЛНД-10 з приводом ПР-10, а також високовольтні запобіжники ПТ-10. З боку низької напруги встановлено щит ЩО-

70 з автоматичними вимикачами типу АВМ-20, які забезпечують індивідуальний захист від коротких замикань і перевантажень для кожної відгалуженої лінії.

Живлення основних виробничих цехів і адміністративних будівель здійснюється через кабельні лінії з використанням проводів марки АС з перетином 50 мм<sup>2</sup> та 70 мм<sup>2</sup> залежно від навантаження. В окремих ділянках зафіксовано використання морально та фізично застарілих кабелів типу ААШВ, що мають підвищений рівень втрат електроенергії та ризик пошкодження ізоляції.

Аналіз технічного стану електроустановок показав, що частина розподільчого обладнання має підвищений знос, а захисні пристрої не завжди відповідають сучасним вимогам швидкодії та надійності. Відсутність автоматизованого вводу резерву (АВР) призводить до повної зупинки обладнання у разі аварійного знеструмлення, що негативно впливає на виробничий процес та знижує загальну надійність енергопостачання.

З урахуванням вищезазначеного, доцільним є проведення реконструкції системи електропостачання з модернізацією основного обладнання, заміною зношених кабельних ліній на сучасні аналоги, впровадженням пристроїв захисту з мікропроцесорною логікою та обов'язковим встановленням АВР на напрузі 0,4 кВ з підключенням до резервного джерела живлення – дизельної електростанції. Це забезпечить безперервність живлення критично важливих споживачів, підвищить енергоефективність та відповідність нормативним вимогам.

### **1.3. Висновки та пропозиції**

З метою покращення ситуації запропоновано здійснити реконструкцію системи електропостачання підприємства з впровадженням АВР на напрузі 0,4 кВ від дизельної електростанції. Це дозволить забезпечити автоматичне переключення на резервне джерело живлення у разі аварії або перебоїв з основною мережею. У межах проєкту передбачено оновлення частини силового обладнання, заміну зношених кабельних та повітряних ліній, встановлення

сучасних автоматичних вимикачів з мікропроцесорним управлінням, що підвищить загальний рівень безпеки та керованості електричних мереж.

Запропоновані заходи сприятимуть підвищенню надійності та стабільності енергозабезпечення підприємства, скороченню витрат, пов'язаних із аварійними зупинками виробництва, та створенню умов для подальшого технічного розвитку. Упровадження автоматизованої системи резервного живлення є стратегічно важливим кроком для забезпечення конкурентоспроможності ТОВ «Завод Кобзаренко» на національному та міжнародному ринках.

## **2. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЕРИТОРІЇ №3 ТОВ «ЗАВОД КОБЗАРЕНКА»**

### **2.1. Розрахунок електричних навантажень виробничих об'єктів**

Розрахунок електричних навантажень є одним із ключових етапів проєктування системи електропостачання, оскільки саме на його основі визначаються параметри електрообладнання, вибір типу та перерізу кабелів, а також забезпечується відповідність проєкту технічним умовам енергопостачальної організації [2, 3, 6].

Для забезпечення надійного та ефективного живлення споживачів необхідно точно враховувати потужність електроприймачів, режим їх роботи, характер навантаження та ймовірність одночасного ввімкнення. Особливу увагу приділяється технологічному обладнанню з тривалим або циклічним режимом роботи, яке відіграє критичну роль у виробничому процесі.

У межах даного проєкту здійснюється поетапний розрахунок навантажень основних об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренка», включаючи цех №1, цех №2, адміністративно-виробниче приміщення, дільниця фарбування (доброструй), а також котельня та компресорна.

Розрахунок будемо виконувати із застосуванням методики розрахунку електричних надбавок, оскільки навантаження об'єктів не співмірні.

Відомості про електричні потужності об'єктів, які наведені в таблиці 2.1., є основою для вибору трансформаторного обладнання, побудови схем розподілу електроенергії та визначення необхідності впровадження автоматичного вводу резерву.

Оскільки підприємство працює тільки вдень, з 08:00 до 17:00, то розрахунки всі будемо проводити для денного максимуму.

Схема розташування виробничих об'єктів та мереж 10 та 0,4 кВ ТОВ «Завод Кобзаренка» показана на листі графічної частини проєкту.

## 2.2. Розрахунок центру електричних навантажень заводу

Розрахунок центру електричних навантажень є важливою складовою при проєктуванні системи електропостачання, оскільки дозволяє оптимально визначити розташування головного розподільчого пункту або трансформаторної підстанції. Центр навантаження – це точка, відносно якої мінімізуються втрати електроенергії в мережі та довжина силових кабелів, що підвищує енергоефективність і знижує капітальні витрати на будівництво електромереж.

Для визначення координат центру навантаження враховуються відстані до основних споживачів електроенергії (Цех №1, Цех №2, адміністративно-виробниче приміщення, доброструй, котельня та компресорна) та відповідні потужності їх навантажень. Методика розрахунку базується на обчисленні координат  $X_{ц}$  та  $Y_{ц}$  за формулами центра ваги, де потужності об'єктів відіграють роль вагових коефіцієнтів.

Результатом розрахунку є визначення раціонального місця розташування трансформаторної підстанції, що дозволяє скоротити довжину кабельних трас та забезпечити рівномірний розподіл напруги по території заводу.

Центр координат навантажень заводу зробимо за наступними формулами [3-5]:

$$x_{ц.н.} = \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i}, \quad (2.1)$$

$$y_{ц.н.} = \frac{\sum P_i \cdot y_i}{\sum P_i} \quad (2.2)$$

де  $P_i$  – розрахункові значення навантажень виробничих споживачів заводу, кВт;

$x_i, y_i$  – відстані за осями координат до виробничих споживачів.

Розрахунок центру електричних навантажень підприємства здійснено на підставі генерального плану, на якому зображено розміщення основних об'єктів та нанесено координатні осі. Цей графічний матеріал подано на відповідному аркуші графічної частини. Узагальнені результати розрахунків координат центру навантажень підприємства наведено, що дозволяє обґрунтувати оптимальне розташування трансформаторної підстанції або головного розподільчого пункту.

$$x_{ц.н.} = \frac{57544}{179} = 321,5 \text{ мм};$$

$$y_{ц.н.} = \frac{44113}{179} = 246,4 \text{ мм}.$$

Розрахунок показує, що центр електричних навантажень припадає на територію виробничої площадки, де здійснюється рух вантажних автомобілів та іншої спеціалізованої техніки. Тому, місце встановлення трансформаторної підстанції зміщуємо ближче до цеху №2 та розташовуємо ТП за такими координатами:

$$x_{ТП} = 335 \text{ мм}; \quad y_{ТП} = 305 \text{ мм}.$$

### **2.3. Розробка схеми живлення території №3**

У межах реконструкції системи електропостачання ТОВ «Завод Кобзаренко» було опрацьовано проєкт живлення окремої виробничої зони – території №3. Ця частина підприємства включає низку енергомістких об'єктів, зокрема цехи №2 та №1, доброструй, а також котельню та компресорну

установку, які мають безперервний режим роботи. Забезпечення їх надійного живлення є критично важливим для стабільного функціонування технологічного процесу, особливо в умовах сезонного підвищення навантажень.

Запропонована схема електропостачання території №3 передбачає живлення від трансформаторної підстанції, яка розташовується в безпосередній близькості до центру електричних навантажень цієї зони.

Передбачено використання кабельних ліній 0,4 кВ із трифазною чотирипровідною системою, прокладених у землі в захисних трубах. Для забезпечення резервування живлення впроваджується система автоматичного вводу резерву (АВР), яка підключається до дизельної електростанції.

Для живлення об'єктів території №3 ТОВ «Завод Кобзаренко» обрано прокладення кабельних ліній у землі. Такий спосіб має низку важливих переваг у порівнянні з повітряними лініями, зокрема – зменшення ймовірності пошкодження електромережі під час переміщення вантажопідйомної техніки або роботи великогабаритного обладнання. На виробничій території заводу активно переміщуються навантажувачі, тягачі, кран-балки, і наявність повітряних проводів створювала б потенційну загрозу для безпеки працівників та експлуатації техніки.

Окрім того, підземне прокладання кабелів дозволяє значно покращити логістику й транспортне пересування по території – відсутність опор та ліній у повітрі забезпечує вільний проїзд вантажного транспорту та маневрування обладнання.

У якості силових кабелів обрано продукцію типу ААБлШв відповідного перерізу, що мають підвищену термостійкість, вогнестійкість та надійну ізоляцію. Кабелі прокладаються в поліетиленових або азбестоцементних трубах, що додатково захищає їх від механічних пошкоджень, вологи та агресивного середовища. Такий підхід забезпечує довготривалу експлуатацію ліній із мінімальними витратами на технічне обслуговування та ремонт [6].

## 2.4. Визначення електричних навантажень КЛ 0,4 кВ

Визначення електричних навантажень кабельних ліній напругою 0,4 кВ є ключовим етапом при проектуванні системи електропостачання території №3 ТОВ «Завод Кобзаренко». На основі розрахованих потужностей споживачів кожного виробничого об'єкта (цех №1, цех №2, доброструй, котельня, компресорна) визначено активну  $P$ , реактивну  $Q$  та повну потужність  $S$ . Усі розрахунки зведено в таблицю 2.3 [2, 3].

Розрахункова схема КЛ-1 без дотримання масштабу показана на рис. 2.1.

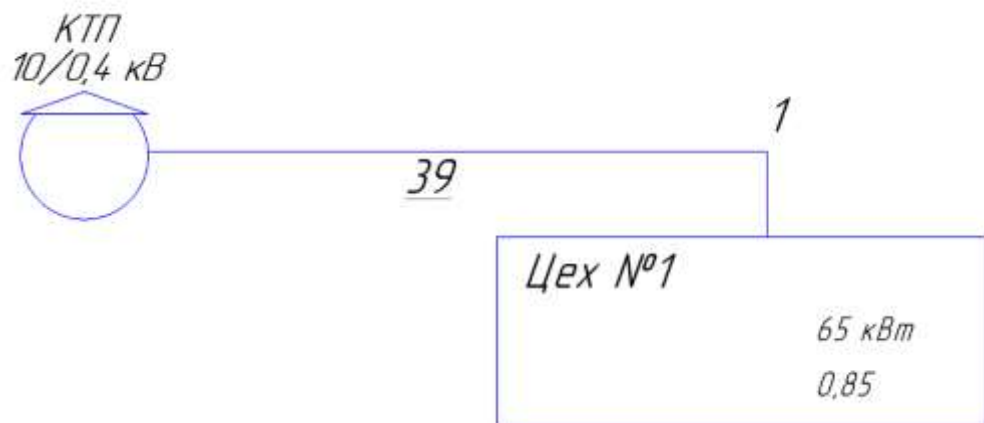


Рис. 2.1. – Розрахункова схема КЛ-1

Визначення повної потужності КЛ-1 виконаємо за формулою:

$$S_D = \frac{P_D}{\cos \varphi_D} \quad (2.3)$$

Для КЛ-1:

$$S_{D \text{ КЛ-1}} = \frac{65}{0,87} = 74,7 \text{ кВА}$$

Реактивну потужність знайдемо за виразом:

$$Q_D = \sqrt{S_D^2 - P_D^2}. \quad (2.4)$$

Для КЛ-1:

$$Q_{D_{КЛ1}} = \sqrt{74,7^2 - 65^2} = 36,8 \text{ кВар}.$$

## 2.5. Розрахунок кількості та потужності трансформаторів

Потужність трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ визначається методом приєднаних навантажень (методом надбавок), шляхом послідовного додавання розрахункової потужності по кожній окремій повітряній лінії 0,4 кВ [2].

Для визначення максимального навантаження підстанції у денний та вечірній періоди використовуються відповідні формули розрахунку:

$$P_{PДтр} = P_{PДлін.Б} + \sum \Delta P_{PДлін.М}, \quad (2.5)$$

де  $P_{PДлін.Б}$  – більше з розрахункового електричних навантажень з усіх кабельних ліній, кВт;

$\sum \Delta P_{PДлін.М}$  – сума надбавок до меншого розрахункового навантаження кабельних ліній, кВт.

Тоді розрахункове значення активної потужності для КТП знафдемо за формулою:

$$P_{\Sigma\partial TП} = P_{р\partial КЛ-1} + \Delta P_{р\partial КЛ-2} + \Delta P_{р\partial КЛ-3} + \Delta P_{р\partial КЛ-4} + \Delta P_{р\partial КЛ-5} \quad (2.6)$$

Середньозважений коефіцієнт потужності для КТП 10/0,4 кВ розраховуємо за виразом:

$$\cos\varphi_{\text{св}} = \frac{\sum P_i \cdot \cos\varphi_i}{\sum P_i} \quad (2.7)$$

Відповідно:

$$\cos\varphi_{\text{св. д.}} = \frac{65 \cdot 0,87 + 65 \cdot 0,87 + 21 \cdot 0,8 + 8 \cdot 0,9 + 20 \cdot 0,8}{65 + 65 + 21 + 8 + 20} = 0,855.$$

За формулою (2.3) знаходимо розрахункове значення повної потужності проєктованої КТП:

На основі результатів розрахунку електричних навантажень території №3 ТОВ «Завод Кобзаренко» проведено обґрунтований вибір кількості та номінальної потужності силових трансформаторів з напругою 10/0,4 кВ.

Визначальною умовою є забезпечення надійного електропостачання всіх основних об'єктів території з урахуванням перспективного зростання навантажень, коефіцієнта резервування, а також вимог щодо безпеки та енергоефективності [1, 4].

Вибір потужності трансформатора 10/0,4 кВ здійснюється з урахуванням економічно доцільного режиму його експлуатації відповідно до заданої умови [1, 2]:

$$S_{ек. \min} \leq \frac{S_p}{n} \leq S_{ек. \max} \quad (2.8)$$

де  $S_{ек. \min}$ ,  $S_{ек. \max}$  – мінімальні та максимальні значення економічного діапазону навантажень трансформаторів визначаються для конкретного типорозміру трансформатора залежно від його номінальної потужності.;

$S_p$  – розрахункові значення навантаження трансформаторної підстанції, призначеної для електропостачання території №3, кВА;

$n$  – кількість трансформаторів на запроектованій ТП 10/0,4 кВ.

Тоді відповідно до [2, 3] приймаємо до монтажу трансформатор з номінальною потужністю 160 кВА та маємо:

$$S_{ек. \min} = 161 \text{ кВА}; S_{ек. \max} = 320 \text{ кВА},$$

$$161 \text{ кВА} < \frac{163,6}{1} < 320 \text{ кВА}.$$

Умова (2.8) дотримується, отже трансформатор обрано правильно.

Далі виконується перевірка відповідності обраного трансформатора вимогам нормального режиму роботи з урахуванням допустимих значень тривалих перевантажень згідно з установленими умовами експлуатації [2]:

$$\frac{S_p}{n S_H} \leq k_c \quad (2.9)$$

де  $S_p$ ,  $S_H$  – відповідні значення розрахункової та номінальної потужностей трансформатора підстанції з напругою 10/0,4 кВ, у кіловольт-амперах (кВА);

$k_c$  – коефіцієнт, що визначає допустимий рівень систематичного перевантаження трансформатора [2], який обчислюється за формулою:

$$k_c = k_{cm} - \alpha (t_n - t_{nm}) \quad (2.10)$$

де  $k_{cm}$  – табличний коефіцієнт, який характеризує гранично допустиме систематичне перевантаження трансформатора відповідно до значення середньої добової температури навколишнього середовища [2];

$\alpha$  – величина температурного градієнта, визначена розрахунковим шляхом [2], в одиницях  $1/^\circ\text{C}$ ;

$t_n$  – середнє за добу значення температури повітря в досліджуваному регіоні,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{nm}$  – стандартна середньодобова температура повітря згідно з табличними даними [1],  $^\circ\text{C}$ .

$$k_c = 1,59 - 0,92 \cdot 10^{-2} (6,8 - (-10)) = 1,434$$

Тоді

$$\frac{163,6}{1 \cdot 160} = 1,02 < 1,435$$

Умова (2.9) щодо витримки допустимих систематичних навантажень обраним трансформатором виконується. Отже, вибір потужності зроблено вірно. Таким чином, для комплектної трансформаторної підстанції для живлення виробничих споживачів території №3 ТОВ «Завод Кобзаренка» приймаємо до монтажу трансформатор типу ТМ160/10.

## 2.6. Вибір кабелів для КЛ

Під час проєктування кабельних ліній 0,4 кВ для електропостачання об'єктів території №3 ТОВ «Завод Кобзаренко» особливу увагу приділено правильному вибору типу та перерізу кабелів. Основними критеріями при цьому були:

величина струму навантаження, допустимі струмові навантаження для кабелів у ґрунті, втрати напруги на довжині лінії, умови навколишнього середовища, пожежна безпека, а також економічна доцільність.

З урахуванням розрахованих електричних навантажень та режимів роботи обрано трифазні чотирижильні алюмінієві кабелі типу АВВГнг, які мають ізоляцію з полівінілхлориду, не підтримують горіння та призначені для прокладання в землі без додаткового захисту або в трубах. Кабелі цього типу стійкі до дії вологи, температурних коливань та механічних навантажень, що робить їх оптимальним варіантом для промислових об'єктів з інтенсивною експлуатацією. Перерізи кабелів підбрано з урахуванням тривалого допустимого струму, щоб уникнути перегріву, а також перевірено на допустимі втрати напруги згідно з вимогами ПУЕ [6].

Таким чином, вибрані кабелі забезпечують надійність, безпеку та довговічність електропостачання при оптимальних капіталовкладеннях і з урахуванням умов роботи конкретного промислового об'єкта.

Розглянемо методику визначення перерізів провідників для КЛ [2].

Визначаємо струми виробничих споживачів для вибору кабелів кабельних ліній 0,4 кВ [2]:

$$I_{Pi} = \frac{P_{Pi} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_i}, \quad (2.11)$$

Вибір кабельної лінії здійснюється на основі тривалого допустимого значення струму. Розрахунок тривалих допустимих струмів для нагрівання кабелю здійснюється за допомогою наступної формули:

$$I_{\text{д.р.і}} = \frac{I_{Pi}}{K_{\theta}}, \quad (2.12)$$

Де  $K_\theta$  – значення коефіцієнта, що коригує реальні температури навколишнього середовища:

$$K_\theta = \sqrt{\frac{\theta_{тр.доп} - \theta_{наек.}}{\theta_{тр.доп} - \theta_{он.}}}, \quad (2.13)$$

Перерізи кабелю приймають за умови [2]:

$$I_{тр.доп.каб.} \geq I_{д.р.і}, \quad (2.14)$$

де  $I_{тр.доп.каб.}$  – тривалодопустимий струм, А.

Розрахунок струмів для ліній мережі та вибір проводів здійснюється за допомогою табличного методу.

## 2.7. Визначення втрат напруги в кабельних лініях

Зниження напруги в кабельних лініях визначається за наступною формулою [2]:

$$\Delta U_{i\%} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{Pi} \cdot l_i \cdot (r_0 \cos \varphi_i + x_0 \sin \varphi_i)}{U_n} \quad (2.15)$$

Допустимі втрати напруги в повітряних лініях повинні відповідати встановленому критерію:

$$\Delta U_\Sigma \leq \Delta U_{дон} \quad (2.16)$$

Якщо умова (2.16) не виконується, слід збільшити перетин провідника і повторити перевірку.

Результати перевірки втрат напруги свідчать про те, що обрані перерізи кабелів окрім КЛ-2 не відповідають нормативним вимогам.

Результати повторного розрахунку втрат напруги в системі свідчать, що на всіх ділянках мережі величина втрат не перевищує допустимий норматив у 5%. Це дозволяє зробити висновок, що вибрані провідники для лінії 0,4 кВ відповідають вимогам як за допустимим тривалим струмом, так і за рівнем напругових втрат у мережі.

## 2.8. Визначення струмів короткого замикання

Для подальшого визначення та перевірки параметрів комутаційного і захисного обладнання виконується розрахунок струмів короткого замикання в системі електропостачання сільського населеного пункту.

Номінальні струми трансформатора обчислюються за формулами [8, 9]:

- зі сторони низької напруги:

$$I_{н.мп0,4} = \frac{S_{н.мп}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.17)$$

$$I_{н.мп0,4} = \frac{160000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 243,4 \text{ A}$$

- зі сторони високої напруги:

$$I_{н.мп10} = I_{н.мп0,4} \frac{0,4}{10}, \quad (2.18)$$

$$I_{н.мп10} = \frac{243,4 \cdot 0,4}{10} = 9,7 \text{ A}$$

Трифазні струми коротких замикань на шинах 0,4 кВ вираховуємо згідно рівнянь:

$$I_{\kappa 0,4}^{(3)} = \frac{100}{u_k} \cdot I_{н.тп0,4}, \quad (2.19)$$

$$I_{\kappa 0,4}^{(3)} = \frac{100}{4,5} \cdot 243,4 = 5480 \text{ A}$$

Значення струмів трифазного короткого замикання на шині 0,4 кВ, приведені до високовольтної сторони трансформатора:

$$I_{\kappa 10}^{(3)} = I_{\kappa 0,4}^{(3)} \frac{0,4}{10}, \quad (2.20)$$

$$I_{\kappa 10}^{(3)} = 5480 \cdot \frac{0,4}{10} = 219,2 \text{ A}$$

Струми короткого замикання між двома фазами на ділянці розміщення автоматичного вимикача:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\kappa 0,4}^{(3)}, \quad (2.21)$$

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5480 = 4740 \text{ A}$$

Величини струмів при однофазному короткому замиканні в кінці ліній електропостачання напругою 0,4 кВ:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_{mp}}{3} + Z_n}, \quad (2.22)$$

де  $U_{\phi}$  – величина фазних напруг в системі, В;

$Z_{mp}$  – загальний опір трансформатора для коротких замикань, Ом;

$Z_n$  – загальний опір петлі «фаза-нуль», Ом.

Величина повного опору петлі «фаза-нуль»:

$$Z_n = l \sqrt{(r_{0\phi} + r_{0n})^2 + x_0^2}, \quad (2.23)$$

де  $r_{0\phi}, r_{0n}$  – активні опори кабелів, Ом;

$x_0$  – індуктивна складова опорів петлі «фаза-нуль», Ом.

### **3. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ КТП 10/0,4 КВ**

#### **3.1. Вибір та складання схеми первинних кіл комутації КТП**

При виборі та складанні схеми первинних кіл комутації трансформаторної підстанції (КТП) необхідно врахувати кілька ключових аспектів для забезпечення надійної та ефективної роботи системи. Основною метою є оптимізація роботи електричних мереж, забезпечення безпеки під час експлуатації та зменшення впливу аварійних ситуацій на всю систему [8, 9].

Схема первинних кіл включає в себе всі основні елементи, які безпосередньо взаємодіють з електричною енергією, такі як трансформатор, вимикачі, захист, шини та інші пристрої. Для початку визначають потужність трансформаторів та їх номінальні параметри, оскільки це безпосередньо впливає на вибір елементів схеми.

Одним з важливих кроків є визначення типу трансформатора, залежно від необхідних вимог до напруги, струму та типу підключення. Залежно від цього, вибирають відповідні вимикачі та захисні елементи, які дозволяють не лише відключити обладнання в разі аварії, але й забезпечити безперервну роботу в нормальних умовах.

Схема первинних кіл комутації повинна також включати елементи для захисту від коротких замикань та перевантажень, а також для контролю параметрів мережі, таких як напруга та струм. Враховуючи ці фактори, можна визначити оптимальне розташування елементів схеми, що забезпечить мінімізацію втрат енергії та надійність роботи КТП.

Для зручності експлуатації та ремонту, схему необхідно спроектувати таким чином, щоб мати можливість легко виконувати обслуговування без необхідності зупиняти всю підстанцію. Тому в схемі зазвичай передбачаються такі елементи, як автоматичні вимикачі, які можуть оперативно відключати певні частини системи для усунення несправностей без впливу на інші ділянки.

Отже, правильний вибір та складання схеми первинних кіл комутації КТП є основою для забезпечення надійності та ефективності роботи підстанції, що в свою чергу сприяє стабільному енергопостачанню.

Відповідно до проведених розрахунків у другому розділі для електропостачання території №3 ТОВ «Завод Кобзаренка» встановлюємо ТП серії КТПН-160-10-0,4УХЛ1 (рис. 3.1) [9].



Рис. 3.1 – Загальний вигляд КТПН-160-10-0,4УХЛ1

Електрична принципова схема та креслення загального вигляду трансформаторної підстанції КТПН-160-10-0,4УХЛ1 наведені на відповідному аркуші графічної частини проєкту.

### 3.2. Складання однолінійної схеми мережі

Для складання однолінійної схеми мережі 0,4 кВ для електропостачання території №3 ТОВ «Завод Кобзаренка», необхідно визначити основні елементи схеми та їх взаємозв'язки, які забезпечуватимуть надійне і ефективне живлення споживачів на цій території. Однолінійна схема є спрощеним зображенням мережі, де кожен елемент показаний лише однією лінією, що вказує на його місце у системі та взаємодію з іншими елементами.

Початковим елементом на схемі буде трансформатор, який живитиме мережу 0,4 кВ від більшої напруги. Трансформатор підключається до розподільного пристрою, який здійснює розподіл електроенергії на різні споживачі. Далі на схемі будуть показані дроти, кабелі та інші елементи, які передають електричну енергію до кінцевих споживачів на території заводу.

Крім того, в схемі будуть позначені запобіжники, вимикачі, розподільчі щити, а також будь-які елементи, які забезпечують безпеку та контроль за працездатністю мережі. Ці елементи необхідні для захисту від коротких замикань та інших несправностей, що можуть виникнути в процесі експлуатації мережі.

Однолінійна схема має забезпечити зручність обслуговування та надійність у роботі мережі, зокрема, завдяки чітким позначенням напрямків електричного струму, підключенню елементів до заземлення та правильному розподілу навантажень. Розрахункова однолінійна схема мережі 0,4 кВ для електропостачання території №3 ТОВ «Завод Кобзаренка» показана

### 3.3. Вибір роз'єднувача

Вибір рубильника вводу на стороні 0,4 кВ (QS1) за струмом та напругою здійснюється згідно з вимогами [8, 9]:

$$U_{\text{ном.рубильника}} \geq U_{\text{ном.мережі}} \quad (3.1)$$

$$I_{\text{ном.рубильника}} \geq I_{\text{розр.мережі}} \quad (3.2)$$

У разі, якщо рубильник має дугогасильні камери, повинна виконуватись така умова:

$$I_{\text{вікл.доп}} \geq I_{\text{розр.мережі}} \quad (3.3)$$

Зважаючи на зазначені умови, вибираємо для встановлення рубильник РПС-6 (рис. 3.3) з такими характеристиками:

$$U_{\text{ном.рубильника}} = 660 \text{ В}; I_{\text{ном.рубильника}} = 630 \text{ А}; \text{ без дугогасильних камер}$$



Рис. 3.3 – Рубильник серії РПС-6

#### 3.4. Розрахунок, вибір і перевірка автоматичних вимикачів

Загальні вимоги до автоматичних вимикачів для електричних мереж 0,4 кВ полягають у забезпеченні надійного захисту електричної мережі від коротких замикань та перевантажень, а також в гарантуванні безпеки для обладнання і персоналу. Вимикачі повинні мати відповідні характеристики, які відповідають умовам експлуатації та типу навантаження.

Однією з основних вимог є здатність автоматичного вимикача своєчасно реагувати на коротке замикання або перевантаження в мережі, оперативно відключаючи живлення для уникнення пошкоджень або загрози пожежі. Важливим аспектом є також забезпечення належного робочого струму, що дозволяє вимикачу функціонувати в межах номінальних значень, не перевищуючи максимально допустимі значення для конкретного типу кабелів або ліній.

Крім того, вимикачі повинні відповідати стандартам, які визначають допустимі параметри струмів короткого замикання, а також відповідати вимогам безпеки. Вони повинні бути здатні автоматично відключати лінію при перевищенні струму через визначений час, залежно від його величини. Враховуються також характеристики часу спрацьовування, що дозволяє забезпечити необхідний рівень захисту для всіх елементів мережі.

Автоматичні вимикачі мають бути стійкими до різних зовнішніх факторів, таких як волога, пил, механічні пошкодження та температурні зміни, що важливо для їх надійної роботи в промислових умовах. Також важливо правильно вибрати тип вимикача, залежно від характеру навантаження, щоб гарантувати правильне спрацьовування у разі пускових струмів.

Вибір та перевірка АВ здійснюється згідно за алгоритмом з умовами [8, 9]:

$$U_{ном. АВ} \geq U_{ном. мережі} \quad (3.4)$$

$$I_{ном. АВ} \geq k_n I_{розр.} \quad (3.5)$$

$$I_{макс. АВ} \geq I_{к0,4}^3, \quad (3.6)$$

$$I_{ем. розч. АВ} \geq 1,25 \cdot I_{розр}, \quad (3.7)$$

$$K_{ч.т.р.} = \frac{I_{\kappa}^{(1)}}{I_{т.р.АВ}} \geq 3, \quad (3.8)$$

Результати вибору та перевірки АВ для захисту виробничих споживачів території №3 ТОВ «Завод Кобзаренка» показано в таблиці 3.1.

## **4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВАРІЙНОГО ВКЛЮЧЕННЯ РЕЗЕРВУ**

### **4.1. Загальні вимоги до системи АВР**

Автоматичне введення резерву (АВР) є ключовим елементом системи електропостачання для об'єктів із підвищеними вимогами до надійності живлення, таких як ТОВ «Завод Кобзаренко» Роменського району Сумської області. Основне призначення АВР полягає в забезпеченні безперервного електропостачання шляхом автоматичного перемикання з основного джерела на резервне у разі аварії або зниження напруги нижче допустимого рівня [8].

Система АВР повинна характеризуватись високою надійністю, щоб стабільно функціонувати як у нормальному режимі, так і при виникненні аварійних ситуацій. Швидкодія системи має бути достатньою для запобігання зупинці технологічного процесу, тому час спрацювання, як правило, не повинен перевищувати 1–2 секунд. Важливою є й селективність – АВР має реагувати тільки на дійсні порушення параметрів живлення, запобігаючи помилковому перемикаю [10, 11].

З міркувань безпеки конструкція та логіка роботи системи повинні гарантувати електробезпеку персоналу, а також захист обладнання від коротких замикань, перевантажень або неправильного з'єднання фаз. Система повинна передбачати як автоматичне, так і ручне керування для можливості проведення технічного обслуговування або ручного втручання у разі необхідності [12, 13].

Обов'язковим є наявність індикації стану, сигналізації аварійних ситуацій і повідомлень про перемикання. Враховуючи використання дизель-електростанції як резервного джерела, АВР має бути здатною автоматично запускати ДЕС, контролювати її роботу та здійснювати перемикання після стабілізації напруги. Устаткування повинне бути стійким до впливу зовнішніх чинників, таких як температура, вологість та пил, відповідно до умов експлуатації на виробничому об'єкті [14].

Крім того, система повинна забезпечувати можливість періодичного

тестування без порушення виробничого процесу, що дозволяє своєчасно виявляти несправності та підтримувати працездатність комплексу.

#### 4.2. Визначення потужності та вибір дизельного генератора

Для забезпечення надійного резервного електроживлення виробничих споживачів ТОВ «Завод Кобзаренко» необхідно правильно визначити потужність дизельної електростанції (ДЕС), яка буде працювати в складі системи автоматичного введення резерву (АВР). Повна встановлена потужність електроспоживачів становить 163,6 кВА.

Щоб забезпечити стабільну роботу ДЕС без перевантажень, доцільно врахувати резерв у межах 10–20% до розрахованої потужності. Отже, необхідна потужність генератора:

$$P_{ген} \geq 1,2 \cdot P_{розр} = 167,9 \text{ кВт.} \quad (4.1)$$

Приймаємо до установки дизельний генератор HIMOINSA HFW-200 T5 176/160 кВт (рис. 4.1.) з максимальною піковою потужністю 176 кВт [15].



Рис. 4.1. Загальний вигляд генератора HIMOINSA HFW-200 T5

Таблиця 4.1. – Технічні характеристики HIMOINSA HFW-200 T5

Параметр	Значення
Модель	HFW-200 T5
Кількість фаз	3
Тип двигуна	Дизель
Макс. потужність (кВА)	220
Номінальна потужність (кВА)	200
Макс. потужність (кВт)	176
Номінальна потужність (кВт)	160
Витрати палива при 100% навантаженні (л/год.)	43,9
Об'єм паливного бака (л)	450
Довжина (мм)	3300
Ширина (мм)	1200
Висота (мм)	1965
Вага (кг)	2300
Діапазон ном. потужності (кВт)	121-200

### 4.3. Розробка системи автоматичного включення резерву

Автоматичне включення резерву (АВР) є ключовим компонентом у системі безперебійного електропостачання підприємства, що забезпечує автоматичне перемикання з основного джерела електроживлення на резервне (в даному випадку – дизельну електростанцію) у разі зникнення або недопустимого зниження напруги на основній лінії.

Вибір системи АВР залежить від кількох основних критеріїв: номінальний струм навантаження, кількість фаз, спосіб керування (електромеханічний, електронний або мікропроцесорний), сумісність з дизель-генератором, швидкодія, можливість ручного керування та сигналізації.

Для реалізації системи автоматичного включення резерву на об'єкті ТОВ «Завод Кобзаренко» обрано рішення на основі магнітних пускатів. Така система є простою, економічно доцільною та ефективною у випадках, коли не вимагається складна логіка керування або синхронізація джерел живлення.

Схема електрична принципова системи включення АВР на основі магнітних пускатів показана у графічній частині проєкту.

Суть роботи АВР на магнітних пускачах полягає у застосуванні трьохфазних електромагнітних пускачів, які перемикають живлення між основною мережею і резервною (дизельною електростанцією). Керування здійснюється за допомогою логічної схеми з використанням реле контролю фаз, напруги, часу, а також реле блокування між пускачами для запобігання одночасному ввімкненню обох джерел.

До основних вимог до обраної схеми на базі пускачів належать:

- забезпечення електричного і механічного блокування між пускачами;
- наявність схеми затримки включення резервного живлення (після запуску ДЕС);
- автоматичне повернення до основного джерела після відновлення напруги;
- індикація станів (мережа, резерв, аварія);
- можливість ручного керування та технічного обслуговування.

Система на пускачах є оптимальним варіантом для підприємств середнього навантаження, де важливі надійність, простота та вартісна ефективність. Вона також дозволяє легко модернізувати керування або додати логічні функції на базі ПЛК у разі потреби.

Повна потужність навантаження становить 163,6 кВА, а розрахунковий номінальний струм, згідно розділу 2 – 243,4 А. Необхідно вибрати АВР на номінальний струм не менше 250 А.

Таким чином, приймаємо до монтажу комплектну шафу автоматичного включення резерву серії АВР-200-250-54У3 (рис. 4.2) [16].



Рис. 4.2. Шафа автоматичного включення резерву серії АВР-200-250-54УЗ

#### **4.4. Розробка рекомендацій щодо експлуатації системи АВР**

Для забезпечення надійної та безпечної роботи системи автоматичного введення резерву (АВР) на об'єкті ТОВ «Завод Кобзаренко» необхідно дотримуватись чітких правил експлуатації, технічного обслуговування та періодичного контролю. Правильна експлуатація системи АВР на основі магнітних пускачів гарантує стабільну роботу електропостачання навіть у разі аварій на основному джерелі живлення.

У першу чергу, персонал, що обслуговує систему АВР, має пройти відповідну підготовку, володіти навичками роботи з електрообладнанням напругою до 1000 В, а також розуміти логіку функціонування схеми АВР. Рекомендується вести технічний журнал, в якому фіксуються всі випадки спрацювання, виконані регламентні роботи та позаштатні ситуації.

Пусконаладжувальні роботи повинні включати перевірку правильності монтажу, відповідність схеми підключення, справність усіх реле та пускачів, тестування автоматичного перемикачів при втраті напруги на основній лінії. Перед введенням в експлуатацію також необхідно виконати пробне перемикачів в обох напрямках (основне – резерв – основне).

Під час експлуатації важливо регулярно проводити візуальний огляд обладнання на наявність пошкоджень, слідів перегріву контактів, надійність кріплення дротів і контактів. Один раз на 6 місяців слід проводити випробування

системи на справність із симуляцією втрати основного живлення, а також перевірку часу спрацювання.

Особливу увагу слід приділити стану магнітних пускачів — перевіряти цілісність контактної групи, відсутність залипання або механічного зносу. Захисні пристрої (реле контролю напруги, теплові реле) повинні бути перевірені на відповідність заданим параметрам.

У разі використання резервного джерела у вигляді дизель-генератора необхідно контролювати його готовність до роботи: наявність палива, рівень мастила, заряд акумулятора та відсутність аварійних сигналів. Необхідно також стежити за правильністю взаємодії ДЕС з блоком керування АВР, зокрема щодо затримок пуску, стабілізації напруги та повернення на основне живлення.

Рекомендується щорічно проводити повну діагностику системи з залученням фахівців, а також оновлювати документацію, якщо вносяться зміни до схеми або обладнання.

Своєчасне обслуговування, контроль та регламентні роботи забезпечать довговічну та безаварійну роботу системи АВР на об'єкті та дозволять уникнути простоїв у виробничому процесі.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

**Організація роботи з охорони праці на ТОВ «Завод Кобзаренка».** Організація роботи з охорони праці на ТОВ «Завод Кобзаренка» базується на вимогах чинного законодавства України та внутрішніх нормативних документах підприємства. Система управління охороною праці охоплює всі рівні виробничої діяльності та передбачає комплекс заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму та професійних захворювань.

Планування заходів з охорони праці здійснюється на основі аналізу виробничих ризиків, результатів розслідування нещасних випадків, а також періодичних перевірок стану охорони праці. Річні плани включають технічні та організаційні заходи, спрямовані на покращення умов праці, зниження шкідливих факторів та модернізацію робочих місць. Фінансування таких заходів забезпечується за рахунок коштів підприємства відповідно до передбачених у бюджеті статей витрат, що становлять не менш ніж 0,5% від фонду оплати праці, згідно з законодавчими нормами [17-19].

У колективному договорі ТОВ «Завод Кобзаренка» окремий розділ присвячено охороні праці. У ньому передбачено зобов'язання роботодавця щодо забезпечення безпечних умов праці, проведення медичних оглядів працівників, надання компенсацій за роботу у шкідливих умовах, а також стимулювання працівників за дотримання правил безпеки. Також регламентується участь працівників у розслідуванні нещасних випадків та реалізації заходів, спрямованих на зниження травматизму.

Організація навчання з питань охорони праці охоплює як первинну, так і періодичну підготовку працівників. Для цього на підприємстві розроблені програми навчання та інструкції з охорони праці для кожної професії та виду робіт. Ведеться документація – журнали реєстрації інструктажів, протоколи перевірки знань, що свідчать про належне проведення інструктажів (вступного,

первинного, повторного, позапланового, цільового). Атестація з охорони праці проводиться згідно з графіком, затвердженим керівництвом підприємства, із залученням спеціалізованих комісій.

Працівники ТОВ «Завод Кобзаренка» забезпечуються сертифікованим спеціальним одягом, взуттям та засобами індивідуального захисту відповідно до умов праці, професій та вимог нормативних документів. Підприємство також гарантує належне санітарно-побутове забезпечення, включаючи доступ до душових, гардеробних, приміщень для прийому їжі та медпункту. Усе це дозволяє підтримувати високий рівень гігієни та зменшує ризики для здоров'я працівників.

Відповідальність за організацію та стан охорони праці покладається на керівника підприємства, який несе персональну відповідальність згідно із законодавством. Крім того, створено службу охорони праці, яка контролює виконання нормативних вимог, проводить перевірки, організовує навчання, бере участь у розслідуванні нещасних випадків і веде звітність. Посадові особи структурних підрозділів також відповідають за безпеку на своїх ділянках та зобов'язані проводити інструктажі, контролювати використання ЗІЗ і дотримання правил охорони праці.

**Потенційні небезпеки при виконанні робіт.** Під час виконання робіт на ТОВ «Завод Кобзаренка» працівники можуть наражатися на низку потенційних небезпек, які залежать від характеру виробничих процесів, використаного обладнання та умов праці. Однією з основних небезпек є ризик ураження електричним струмом під час обслуговування електрообладнання, особливо за наявності пошкодженої ізоляції, несправного заземлення або недотримання вимог безпеки.

Механічні небезпеки включають можливість травмування внаслідок рухомих частин обладнання, обертальних елементів верстатів, пресів, транспортерів тощо. Також існує ризик падіння важких предметів під час навантажувально-розвантажувальних робіт, монтажу металоконструкцій або при порушенні правил складування матеріалів.

Хімічні небезпеки пов'язані з можливістю контакту з технічними рідинами, мастилами, фарбами, розчинниками та іншими шкідливими речовинами, які можуть викликати отруєння, подразнення шкіри чи дихальних шляхів. Робота з цими речовинами вимагає обов'язкового використання засобів індивідуального захисту.

Також на виробництві наявні фізичні фактори небезпеки, як-от підвищений рівень шуму, вібрації, запилення, недостатня освітленість або мікрокліматичні відхилення (висока температура, вологість), що можуть впливати на здоров'я працівників та спричиняти профзахворювання.

Ще одним потенційним джерелом небезпеки є порушення вимог безпеки під час роботи на висоті, у замкнених просторах або при виконанні зварювальних і газополум'яних робіт. Наявність джерел відкритого полум'я або іскор створює ризик пожежі чи вибуху, особливо в умовах зберігання легкозаймистих матеріалів.

Окрім того, можливі психофізіологічні небезпеки, пов'язані з перевтомою, монотонністю роботи, високою відповідальністю, що можуть спричинити помилки, неуважність і нещасні випадки.

**Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці.** Для впровадження безпечних і здорових умов праці на ТОВ «Завод Кобзаренка» доцільно реалізувати низку організаційних, технічних і профілактичних заходів, що відповідатимуть сучасним вимогам охорони праці та сприятимуть зменшенню виробничих ризиків.

Перш за все, необхідно вдосконалити систему управління охороною праці шляхом запровадження ризик-орієнтованого підходу. Це передбачає регулярне виявлення, оцінку та контроль небезпек на робочих місцях із подальшим впровадженням заходів щодо їх усунення або мінімізації. Важливо актуалізувати інструкції з охорони праці, забезпечити їх відповідність реальним умовам роботи та проводити обов'язкові інструктажі у визначені законодавством строки.

Суттєву роль відіграє модернізація виробничого обладнання з метою підвищення його безпечності — заміна застарілих механізмів на більш сучасні,

оснащені системами автоматичного захисту, блокування та сигналізації. Варто впроваджувати енергоощадні технології, що зменшують шкідливі впливи на працівників та навколишнє середовище.

Особливу увагу слід приділити забезпеченню працівників якісними засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) відповідно до характеру виконуваних робіт, із регулярним контролем їх використання, зберігання та заміни. Необхідно запровадити систему мотивації до дотримання вимог охорони праці — заохочення працівників за ініціативу у сфері безпеки, виявлення потенційних небезпек, участь у навчаннях.

Ще одним важливим напрямом є організація навчання та підвищення кваліфікації персоналу з питань охорони праці. Рекомендується використовувати інтерактивні форми навчання (тренінги, ситуаційні моделювання, електронні курси), а також створити систему оцінювання знань працівників не лише після інструктажів, а й у процесі роботи.

Крім того, слід забезпечити належний санітарно-гігієнічний стан виробничих приміщень: вентиляцію, освітлення, температурний режим, доступ до питної води та санітарно-побутових приміщень. Необхідно налагодити постійний медичний контроль за станом здоров'я працівників, особливо тих, хто працює у шкідливих умовах або на важких ділянках.

Також варто формувати культуру безпеки на підприємстві — через систематичне інформування працівників про ризики, наслідки порушень, реальні приклади нещасних випадків, проведення «днів охорони праці», конкурсів або спільних ініціатив з безпеки.

**Висновки.** Організація роботи з охорони праці на ТОВ «Завод Кобзаренка» базується на дотриманні нормативних вимог, проте потребує подальшого вдосконалення через впровадження сучасної системи управління ризиками, модернізацію обладнання, посилення контролю за дотриманням інструкцій, забезпечення працівників якісними засобами індивідуального захисту, поліпшення санітарно-побутових умов, регулярне навчання персоналу та

формування культури безпеки, що загалом сприятиме зниженню рівня травматизму та створенню безпечного виробничого середовища.

## 6 ЕКОЛОГІЯ

**Вступ.** В умовах зростаючого техногенного навантаження на екосистеми, підприємства повинні забезпечувати не лише ефективність своєї діяльності, а й дотримання екологічної безпеки. Об'єктом дослідження є ТОВ «Завод Кобзаренка» - сучасне машинобудівне підприємство, що спеціалізується на виробництві сільськогосподарської техніки. У цьому розділі розглянуто основні джерела впливу виробничих процесів на довкілля, рівень дотримання екологічних норм, а також заходи, які впроваджуються або можуть бути впроваджені на підприємстві з метою мінімізації негативного екологічного впливу та підвищення рівня екологічної безпеки.

**Вплив.** Негативний вплив виробничої діяльності ТОВ «Завод Кобзаренка» на навколишнє середовище проявляється у кількох основних напрямках, які стосуються здоров'я людини, стану флори та фауни. У процесі виготовлення металевих конструкцій та обробки матеріалів можливі викиди шкідливих речовин у повітря, такі як пил, оксиди азоту, вуглецю, леткі органічні сполуки, а також інші продукти згоряння, що можуть виникати під час зварювання або термічної обробки. Ці забруднювачі можуть спричиняти подразнення дихальних шляхів, алергічні реакції, зниження імунітету, а при тривалому впливі – хронічні захворювання дихальної та серцево-судинної систем у працівників і жителів навколишніх територій.

Крім атмосферного повітря, вплив поширюється на ґрунти та водні ресурси, особливо в разі порушення правил зберігання відходів або скидання неочищених стоків. Такі дії можуть призводити до загибелі мікроорганізмів, погіршення якості ґрунту, зниження врожайності сільськогосподарських культур, а також негативного впливу на рослинний покрив у зоні виробничої діяльності.

Що стосується фауни, то шумове навантаження, вібрації, забруднення води та повітря можуть дезорієнтувати тварин, знижувати їхню репродуктивну

здатність, а в деяких випадках – призводити до зменшення чисельності популяцій або зникнення окремих видів із прилеглої території.

**Заходи.** З метою зменшення негативного впливу на довкілля ТОВ «Завод Кобзаренка» впроваджує низку природоохоронних заходів, спрямованих на покращення екологічної ситуації як на самому підприємстві, так і в прилеглих районах. Одним із пріоритетних напрямів є модернізація технологічного обладнання з метою зменшення викидів у повітря, зокрема встановлення сучасних систем вентиляції та фільтрації, які забезпечують уловлювання шкідливих домішок і пилу, що утворюються в процесі зварювання, різання та фарбування металу.

Також велика увага приділяється поводженню з відходами. На підприємстві організовано сортування промислових відходів, налагоджено систему передачі металобрухту та небезпечних відходів (фарби, мастила, зношені фільтри тощо) на спеціалізовані підприємства для утилізації або вторинної переробки. Для запобігання забрудненню ґрунтів та водних ресурсів облаштовані майданчики з твердим покриттям і системою збору стічних вод, а також передбачено резервуари для тимчасового зберігання технічних рідин, що виключає потрапляння небезпечних речовин у природне середовище.

Крім того, підприємство впроваджує енергоощадні заходи, зокрема заміну старого освітлення на світлодіодне, використання частотних перетворювачів на електродвигунах для зменшення споживання електроенергії, що сприяє загальному зниженню викидів CO<sub>2</sub>.

Підприємство також проводить екологічні інструктажі для працівників, роз'яснюючи важливість дотримання норм природоохоронного законодавства, безпечного поводження з відходами та раціонального використання ресурсів. У перспективі передбачається подальша автоматизація процесів контролю за екологічними показниками та поступовий перехід до більш екологічно безпечних технологій виробництва.

**Висновки.** Забезпечення екологічної безпеки на ТОВ "Завод Кобзаренка" є важливим етапом у розвитку підприємства, що сприяє зменшенню негативного

впливу на навколишнє середовище та здоров'я людей. Впроваджені природоохоронні заходи забезпечують сталість виробничих процесів та відповідають сучасним вимогам охорони довкілля.

## 7. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Економічне обґрунтування реконструкції системи електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» Роменського району Сумської області з розробкою монтажу автоматичного введення резерву (АВР) 0,4 кВт від дизельної електростанції (ДЕС) полягає у визначенні ефективності та доцільності проведення реконструкційних робіт з врахуванням витрат та економічних вигод для підприємства.

Основною метою реконструкції є забезпечення безперебійного електропостачання для об'єктів заводу, зокрема на випадок відключення від зовнішнього джерела електроживлення, що дозволяє уникнути зупинок виробничих процесів. Встановлення АВР 0,4 кВт від ДЕС дозволить автоматично включати резервне джерело енергії у разі зникнення напруги в основній мережі, забезпечуючи стабільну роботу підприємства без втрат у виробничому процесі.

Виходячи з аналізу витрат на реконструкцію, першочерговим є визначення вартості монтажу АВР, закупівлі необхідного обладнання, а також витрат на підготовку та налаштування ДЕС. Крім того, потрібно врахувати витрати на обслуговування та ремонт технічних засобів у майбутньому, що також є важливим компонентом економічного обґрунтування.

Загальні витрати на реконструкцію порівнюються з потенційною економією від уникнення зупинок виробничих ліній та скорочення часу простоїв, що може призвести до збільшення обсягів виробництва та зниження витрат на ремонт обладнання, пов'язаних із частими відключеннями електроенергії. Крім того, своєчасне реагування на збої в енергопостачанні дозволить уникнути можливих збитків, спричинених пошкодженням обладнання або втратами в процесах виробництва.

Таким чином, економічна вигода від реконструкції системи електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» забезпечується підвищенням надійності та ефективності роботи підприємства, зменшенням

ризиків і збитків, що виникають у разі відключень електроенергії, а також покращенням умов для безперервного виробництва, що є важливим фактором для розвитку підприємства в умовах сучасної економічної ситуації [10].

Витрати на електроенергію до реконструкції [20]:

$$B_{e\partial\partial} = W_p \cdot C; \quad (7.1)$$

$$B_{e\partial\partial} = 450000 \cdot 12 = 5400000 \text{ грн.}$$

Враховуючи, що реконструкція з установкою АВР дозволить зменшити втрати енергії або покращити ефективність електропостачання, можна припустити, що економія енергії становитиме певний відсоток від загального споживання. Наприклад, якщо економія складе 10%, то:

$$\Delta W_p = 0,1 \cdot W_p; \quad (7.2)$$

$$\Delta W_p = 0,1 \cdot 450000 = 45000 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Для розрахунку економії в грошовому вираженні потрібно помножити економію енергії на вартість 1 кВт·год [20]:

$$E_p = \Delta W_p \cdot C; \quad (7.3)$$

$$E_p = 45000 \cdot 12 = 540000 \text{ грн.}$$

Для розрахунку терміну окупності капіталовкладень, що складають 1523437 грн., можна поділити загальні капіталовкладення на річну економію [20]:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_p}; \quad (7.4)$$

$$T_{ок} = \frac{1523437}{540000} = 2,82 \text{ років}$$

Таблиця 7.2 – Зведені показники для розділу економічного обґрунтування реконструкції системи електропостачання

Показники	Базовий варіант	Проектний варіант
Капітальні витрати, грн	-	1523437
Споживання енергії (кВт·год/рік)	450000	405000
Вартість 1 кВт·год (грн.)	12	12
Загальні витрати на енергію (грн.)	5400000	4860000
Економія енергії після реконструкції (кВт·год/рік)	-	45000
Економія в грошах (грн.)	-	540000
Термін окупності (роки)	-	2,82

**Висновки.** Згідно з проведеними розрахунками, капіталовкладення у розмірі 1523437 грн. дозволять значно підвищити надійність електропостачання, зменшити ризики зупинок виробничих процесів та забезпечити безперебійне постачання електроенергії у випадку аварійних ситуацій.

Економія енергії, що складає 45 000 кВт·год на рік, забезпечить зменшення витрат на електроенергію на суму 540 000 грн. на рік. Термін окупності інвестицій становить приблизно 2,82 роки, що свідчить про високу ефективність реконструкції. Завдяки цьому підприємство зможе не лише зменшити витрати на енергоспоживання, а й підвищити ефективність своєї роботи та знизити ризики, пов'язані з відключеннями електропостачання.

## ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи на тему «Електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» Роменського району Сумської області з розробкою монтажу АВР 0,4 кВт від ДЕС» були досягнуті основні поставлені цілі та вирішені актуальні завдання щодо організації надійної та безперебійної системи електропостачання виробничих об'єктів.

Реконструкція системи електропостачання об'єктів ТОВ «Завод Кобзаренко» з впровадженням автоматичного введення резерву (АВР) 0,4 кВт від дизельної електростанції є економічно доцільною та вигідною інвестицією для підприємства. Згідно з проведеними розрахунками, капіталовкладення у розмірі 1523437 грн. дозволять значно підвищити надійність електропостачання, зменшити ризики зупинок виробничих процесів та забезпечити безперебійне постачання електроенергії у випадку аварійних ситуацій.

Економія енергії, що складає 45 000 кВт·год на рік, забезпечить зменшення витрат на електроенергію на суму 540 000 грн. на рік. Термін окупності інвестицій становить приблизно 2,82 роки, що свідчить про високу ефективність реконструкції. Завдяки цьому підприємство зможе не лише зменшити витрати на енергоспоживання, а й підвищити ефективність своєї роботи та знизити ризики, пов'язані з відключеннями електропостачання.

Таким чином, реалізація проекту реконструкції електропостачання з впровадженням АВР є вигідною як з економічної, так і з технічної точки зору, і дозволить підприємству досягти значних економічних вигод у середньостроковій перспективі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ТОВ «Завод Кобзаренка» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kobzarenko.com.ua>. (дата звернення: 04.05.2025).
2. Коваленко, О. І. Основи електропостачання сільського господарства : навч. посіб. / О. І. Коваленко, Л. Р. Коваленко, В. О. Мунтян, І. П. Радько. – Мелітополь : ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2011. – 462 с.
3. Малиновський, А. А. Основи електропостачання : навч. посіб. / А. А. Малиновський, Б. К. Хохулін. – Львів : Львівська політехніка, 2005. – 324 с.
4. Омельчук, А. О. Основи електропостачання : навч. посіб. / А. О. Омельчук. – Київ : ЦП «Компринт», 2019. – 415 с.
5. Омельчук, А. О. Електрична частина станцій і підстанцій : навч. посіб. / А. О. Омельчук. – Київ : ЦП «Компринт», 2017. – 479 с.
6. Правила улаштування електроустановок : ПУЕ / [переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України вид. станом на 21.08.2017]. – Київ : Техніка, 2017. – 1008 с.
7. Трансформатор оливний силовий ТМ (Г) – 160/10 (6) — 0,4 У1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukrelektro.com.ua/ua/p1015229350-transformator-maslyanyj-silovoj.html> (дата звернення: 04.05.2025).
8. Мілих В. І., Павленко Т. П. Електропостачання промислових підприємств : підручник. – Київ : Каравела, 2020. – 272 с.
9. Василега П. О. Електропостачання : підручник. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
10. Zheng, H., Cheng, Y., Gou, B., Frank, D., Bern, A., & Muston, W. (2011). Impact of automatic switches on power distribution system reliability. *Electric Power Systems Research*, 83(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2011.08.018>.
11. Fomin, I., Belikov, R., Zelyukin, V., & Mikhailova, E. (2019). Improvement of power supply reliability by means of remote control of the automatic repeated

switching-on of sectionalizing circuit-breakers. E3S Web of Conferences, 124, 01042. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912401042>.

12. Pan, J. (2025). Research on Short-Term Power Load Forecasting Method Based on Temporal Convolutional Network. International Journal of Electric Power and Energy Studies, 4(1), 1–5.

13. Бех, Я. П. (2023). Аналіз резервних систем електроживлення пристроїв залізничної автоматики. Системи та технології, 66(2), 66-73. <https://doi.org/10.32782/2521-6643-2023.2-66.8>.

14. The Importance of Automatic Transfer Switches in Power Management [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.mlele.com/news/the-importance-of-automatic-transfer-switches-in-power-management/> (дата звернення: 04.05.2025).

15. Генератор дизельний НІМОІНСА НFW-200 Т5 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://generator.ua/ru/dizelnye-generatory/3301-generator-himoinsa-hfw-200-t5.html> (дата звернення: 04.05.2025).

16. Щит автоматичного введення резерву АВР-200-250А [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://ecshop.com.ua/ua/p139879-shchit\\_avtomaticheskogo\\_vvoda\\_rezerva\\_avr-200-250a](https://ecshop.com.ua/ua/p139879-shchit_avtomaticheskogo_vvoda_rezerva_avr-200-250a) (дата звернення: 04.05.2025).

17. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).

18. ДНПАОП 0.00–1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К.: АТ «Київська книжкова фабрика», 1998.– 380 с.

19. Василенко О.О., Хворост Т.В, Семерня О.В., Кіндя О.П. (2021). Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в випускних роботах першого (бакалаврського) рівня освіти. Суми: СНАУ, 14.

20. Економіка сільського господарства : навч. посіб. / [Збарський В.К., Бабієнко М.Ф., Кулаєць М.М., Синявська І.М., Хоменко М.П.]; за ред. проф. В.К. Збарського. – К. : Агроосвіта, 2013. – 352 с.