

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

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Чепіжний А.В.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електропостачання комплексу бурових установок «Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» м. Охтирка Сумської області з розробкою технологічної карти монтажу КТП 10/0,4 кВ»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_ Вуйлов В.Д.

(Прізвище, ініціали)

Група:

\_\_\_\_\_ ГЕЕ 2201с.т.

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_ Сіренко Ю.В.

(Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

енергетики та електротехнічних систем

Чепіжний А.В.

“\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Вуйлову Володимиру Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Реконструкція системи електропостачання комплексу бурових установок «Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» м. Охтирка Сумської області з розробкою технологічної карти монтажу КТП 10/0,4 кВ.

керівник роботи: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “09” грудня 2024 року №4057/ос

**2. Строк подання здобувачем роботи:** “\_23” травня 2025 року.

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

**4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):**

Вступ

1. Характеристика об'єкту електропостачання.

2. Визначення електричних навантажень бурового комплексу

3. Вибір електрообладнання схеми внутрішнього електропостачання бурового комплексу

4. Розробка технологічної карти монтажу трансформаторної підстанції

5. Охорона праці

6. Екологія

7. Економічне обґрунтування

Висновки.

**5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:**

1. 2КТПН-1000-10/0,6 УХЛІ. Креслення загального виду.

2. 2КТПН-1000-10/0,6 УХЛІ. Кола первинної комутації. Схема електрична принципова.

3. КТПН-1000-10/0,4 УХЛІ. Креслення загального виду.

4. КТПН-1000-10/0,4 УХЛІ. Кола первинної комутації. Схема електрична принципова.

5. Карта технологічна монтажу КТП 10/0,4 кВ. Таблиця.

6. Показники техніко-економічні. Таблиця.

#### 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	ст. викладач Семерня О.В.		
Економічне обґрунтування	ст. викладач Шашков С.В.		
Нормоконтроль	доцент Чепіжний А.В.		

7. Дата видачі завдання: “ 5 ” вересня 2024 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарстві	до 14.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.11.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 22.11.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 29.11.2024 р.	
5.	Написання розділу «Характеристика об'єкту електропостачання»	до 27.12.2024 р.	
6.	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листів 1 та 2 графічної частини	до 20.02.2025 р.	
7.	Написання розділу 4. Підготовка листів 3, 4 та 5 графічної частини	до 11.04.2025 р.	
8.	Написання розділу «Охорона праці»	до 18.04.2025 р.	
9.	Написання розділу «Екологія»	до 24.04.2025 р.	
10.	Написання розділу «Економічне обґрунтування». Підготовка листу 6 графічної частини	до 30.04.2025 р.	
11.	Написання загальних висновків	до 09.05.2025 р.	
12.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
13.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
14.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

Вуйлов В.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Сіренко Ю.В.

(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

**Вуйлов Володимир Дмитрович** «Реконструкція системи електропостачання комплексу бурових установок «Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» м. Охтирка Сумської області з розробкою технологічної карти монтажу КТП 10/0,4 кВ.»

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра з Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки за освітньою програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка зі спеціальності 141 «Електроенергетика електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет, Суми 2025, 63 с.

Кваліфікаційна робота присвячена реконструкції системи електропостачання комплексу бурових установок «Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» в м. Охтирка, з розробкою технологічної карти монтажу трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ. Метою роботи є забезпечення безперебійного та ефективного електропостачання бурових установок, з урахуванням підвищення надійності та енергетичної ефективності системи.

У першому розділі роботи проведено детальний аналіз об'єкта електропостачання, розглянуті кліматичні умови району та стан існуючої системи електропостачання, що дозволило визначити слабкі місця та потребу в модернізації. Оцінка електричних навантажень бурового комплексу здійснена з урахуванням поточного обладнання та нових вимог до електричних потужностей.

Другий розділ роботи зосереджений на виборі та розрахунках силових трансформаторів для забезпечення стабільної роботи системи з напругою 600 В і 380 В. Пропонуються відповідні технічні характеристики трансформаторів, що забезпечать надійне та економічне електропостачання.

У третьому розділі розглянуто вибір електрообладнання та розробку схеми внутрішнього електропостачання комплексу. Вибір апаратів захисту, кабелів та інших електричних компонентів дозволяє оптимізувати роботу системи з урахуванням специфічних умов експлуатації.

Особлива увага в роботі приділена розробці технологічної карти монтажу трансформаторної підстанції, яка включає етапи виконання робіт, техніку безпеки, організацію та вимоги до якості виконання монтажних робіт.

Економічне обґрунтування реконструкції підтверджує її доцільність і ефективність, що дозволить підвищити надійність та знизити витрати на енергоспоживання.

**Ключові слова:** реконструкція, електропостачання, бурові установки, трансформаторна підстанція, електричні навантаження, силові трансформатори, електрообладнання, внутрішнє електропостачання, апарати захисту, технологічна карта, монтаж, техніка безпеки, енергетична ефективність, економічне обґрунтування, надійність, енергоспоживання, охорона праці.

## ABSTRACT

**Vuilov Volodymyr Dmytrovych** "Reconstruction of the power supply system of the drilling rig complex "Oil and Gas Production Department "Okhtyrkanaftogaz" PJSC "Ukrnafta", Okhtyrka, Sumy region with the development of a technological map for the installation of 10/0.4 kV substations."

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics under the educational program Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics in specialty 141 "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Sumy National Agrarian University, Sumy 2025, 63 p.

The qualification work is dedicated to the reconstruction of the power supply system of the drilling rig complex "Oil and Gas Production Department "Okhtyrkanaftogaz" of PJSC "Ukrnafta" in the city of Okhtyrka, with the development of a technological map for the installation of a 10/0.4 kV transformer substation. The goal of the work is to ensure uninterrupted and efficient power supply to drilling rigs, taking into account increasing the reliability and energy efficiency of the system.

In the first section of the work, a detailed analysis of the power supply facility was conducted, the climatic conditions of the area and the state of the existing power supply system were considered, which allowed identifying weaknesses and the need for modernization. The assessment of the electrical loads of the drilling complex was carried out taking into account the current equipment and new requirements for electrical capacities.

The second section of the work focuses on the selection and calculations of power transformers to ensure stable operation of the system with a voltage of 600 V and 380 V. The corresponding technical characteristics of transformers are proposed, which will ensure reliable and economical power supply.

The third section discusses the selection of electrical equipment and the development of the internal power supply scheme of the complex. The selection of protection devices, cables and other electrical components allows you to optimize the operation of the system, taking into account specific operating conditions.

Particular attention in the work is paid to the development of a technological map for the installation of a transformer substation, which includes the stages of work, safety precautions, organization and requirements for the quality of installation work.

The economic justification of the reconstruction confirms its feasibility and efficiency, which will increase reliability and reduce energy consumption costs.

**Keywords:** reconstruction, power supply, drilling rigs, transformer substation, electrical loads, power transformers, electrical equipment, internal power supply, protection devices, technological map, installation, safety equipment, energy efficiency, economic justification, reliability, energy consumption, labor protection.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	10
<b>1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ</b> .....	11
1.1. Загальна інформація про підприємство .....	11
1.2. Кліматичні умови району .....	12
1.3. Аналіз стану електропостачання бурового комплексу .....	12
1.4. Висновки та пропозиції.....	14
<b>2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ БУРОВОГО КОМПЛЕКСУ</b> .....	16
2.1. Складання паспортних даних електрообладнання бурового комплексу	16
2.2. Розрахунок електричних навантажень .....	17
2.3. Вибір силових трансформаторів .....	22
2.3.1. Визначення електричних навантажень на напругу 600 В.....	23
2.3.2. Визначення електричних навантажень на напругу 380 В.....	25
2.3.3. Вибір силових трансформаторів на напругу 600 В .....	25
2.3.4. Вибір силових трансформаторів на напругу 380 В .....	26
<b>3. ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СХЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУРОВОГО КОМПЛЕКСУ</b> .....	27
3.1. Вибір та розробка схеми кіл первинної комутації трансформаторних підстанцій.....	27
3.2. Визначення електричних навантажень з врахуванням його розподілу по групам .....	28
3.3. Вибір апаратів захисту електрообладнання бурового комплексу	28
3.4. Вибір електричних кабелів .....	31
3.5. Складання специфікації на електричні апарати та матеріали .....	32
<b>4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ МОНТАЖУ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ</b> .....	33
4.1. Загальні положення .....	33
4.2. Склад технологічного процесу .....	34
4.3. Організація та виконання монтажних робіт .....	34
4.4. Вимоги до якості виконання робіт .....	38
4.5. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах .....	39
4.6. Вимоги техніки безпеки при монтажі .....	41

<b>5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....</b>	<b>42</b>
<b>6. ЕКОЛОГІЯ .....</b>	<b>46</b>
<b>7. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ .....</b>	<b>48</b>
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>51</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b>	

## ВСТУП

Нафтогазова промисловість є однією з найважливіших галузей економіки України, яка забезпечує енергетичну безпеку держави та сприяє її сталому розвитку. Одним із ключових елементів ефективної діяльності нафтогазових підприємств є безперебійне електропостачання бурових установок та супутнього технологічного обладнання. Саме тому удосконалення систем енергозабезпечення має стратегічне значення для підвищення продуктивності та зниження витрат у нафтогазовидобувній сфері.

Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта», розташоване в місті Охтирка, є важливим промисловим об'єктом, який забезпечує значні обсяги видобутку вуглеводнів. Проте, тривала експлуатація існуючої системи електропостачання, фізичне та моральне старіння обладнання, а також збільшення енергоспоживання через впровадження нових технологій обумовили необхідність проведення реконструкції електричних мереж та обладнання.

Проєкт реконструкції системи електропостачання комплексу бурових установок передбачає модернізацію існуючих енергетичних об'єктів з використанням сучасних технічних рішень. Одним із ключових завдань є розробка технологічної карти монтажу комплектної трансформаторної підстанції (КТП) напругою 10/0,4 кВ. Упровадження нової КТП забезпечить підвищення надійності та безпеки електропостачання, оптимізацію режимів роботи мережі, зниження експлуатаційних витрат та покращення енергетичної ефективності.

Таким чином, проведення реконструкції системи електропостачання бурових установок Нафтогазовидобувного управління «Охтирканафтогаз» є важливим кроком на шляху до забезпечення надійної роботи бурових комплексів, підвищення їхньої ефективності та сприяння загальному розвитку нафтогазового сектору України.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

## 1.1. Загальна інформація про підприємство

Публічне акціонерне товариство «Укрнафта» є найбільшою нафтовидобувною компанією України, яка здійснює свою діяльність у сфері розвідки, видобутку та реалізації нафти й газу. ПАТ «Укрнафта» має широку мережу виробничих підрозділів, що включають нафтогазовидобувні управління, бурові підприємства, ремонтні бази та інші допоміжні структури.

Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» є одним із провідних підрозділів ПАТ «Укрнафта». Управління розташоване у місті Охтирка Сумської області і спеціалізується на видобутку нафти та газу на родовищах, що знаходяться у межах Сумської області. Підприємство здійснює повний цикл робіт – від розвідувального буріння до видобутку, первинної переробки та транспортування нафти й газу.

Основними напрямками діяльності НГВУ «Охтирканафтогаз» є:

- буріння пошукових, розвідувальних і експлуатаційних свердловин;
- видобуток нафти та супутнього нафтового газу;
- експлуатація нафтових і газових свердловин;
- обслуговування і ремонт бурового та нафтогазовидобувного обладнання;
- переробка нафти та підготовка газу до транспортування.

Підприємство має у своєму складі комплекс бурових установок, насосних станцій, технологічних вузлів збору нафти й газу, систем електропостачання, водопостачання та інші об'єкти виробничої інфраструктури. Для забезпечення безперервної роботи бурових об'єктів велика увага приділяється підтриманню в належному технічному стані систем електропостачання, оскільки стабільне живлення енергоспоживачів є критичним чинником для успішної діяльності комплексу.

На сьогодні НГВУ «Охтирканафтогаз» орієнтується на впровадження сучасних технологій, енергозберігаючих заходів і модернізацію виробничої інфраструктури для забезпечення сталого розвитку, підвищення ефективності виробництва та зниження впливу на навколишнє середовище..

## 1.2. Кліматичні умови району

Територія міста Охтирка та прилеглих районів характеризується помірно-континентальним кліматом, який визначається відносно м'якими зимами та теплим літом. Для даної місцевості типовими є значні сезонні коливання температури повітря, що обумовлено географічним розташуванням у північно-східній частині України.

Середньорічна температура повітря в районі становить близько  $+7,5$  °С. Зимовий період триває з кінця листопада до початку березня, середні температури січня коливаються від  $-6$  до  $-8$  °С, хоча в окремі роки можливі зниження до  $-20$  °С і нижче. Наявність снігового покриву є стійкою ознакою зимового сезону.

Літній період триває приблизно з кінця травня до початку вересня. Середньомісячна температура в липні, який вважається найтеплішим місяцем, зазвичай становить  $+19...+21$  °С, однак у найспекотніші дні температура може підніматися до  $+35$  °С.

Район отримує середньорічну кількість опадів у межах  $500-600$  мм, причому найбільша їх частина припадає на літні місяці у вигляді зливових дощів. Узимку кількість опадів менша, переважають снігопади різної інтенсивності.

Вітровий режим характеризується переважанням північно-західних та західних вітрів, середня швидкість яких становить близько  $3-5$  м/с. У зимовий період можливі різкі пориви вітру, що супроводжуються хуртовинами, а влітку – короточасні грози з сильними вітрами.

Кліматичні умови Охтирського району створюють додаткові вимоги до проєктування та експлуатації об'єктів енергетичної інфраструктури. Зокрема, монтаж електротехнічного обладнання, у тому числі комплектних трансформаторних підстанцій, має враховувати можливі температурні перепади, вплив вітрового навантаження, а також обмерзання обладнання у зимовий період.

Загалом клімат району є сприятливим для ведення бурових робіт і промислової діяльності за умови належного урахування сезонних особливостей у проєктних рішеннях..

## 1.3. Аналіз стану електропостачання бурового комплексу

Електропостачання бурової установки БУ 2900/200 ЕУК-БМ здійснюється від підстанції РТП 35/10 кВ «Охтирка» через повітряну лінію 6 кВ. Наявна система електроживлення є морально і фізично застарілою, що істотно впливає на надійність роботи бурового обладнання. В основі повітряних ліній використані залізобетонні опори типу СВ-110-5, змонтовані ще в 1980–1990-х роках, які на даний час демонструють значний ступінь зносу бетонних і арматурних елементів. Хоча залізобетонні опори самі по собі є витривалими, тривалий вплив атмосферних факторів призвів до корозії арматури та появи тріщин у конструкціях.

Однією з головних технічних проблем є застосування трансформаторних підстанцій типу КТПН-630/10-0,4 кВ із силовими трансформаторами серії ТМ-630/10. Потужність цих трансформаторів критично мала для сучасних вимог бурового виробництва, особливо з урахуванням того, що бурова установка має навантаження на рівні сотень кіловат. При пікових навантаженнях, таких як одночасна робота бурового насоса потужністю 950 кВт та лебідки на 560 кВт, існуюча трансформаторна потужність не забезпечує стабільної подачі електроенергії. Це призводить до падіння напруги, перегріву обладнання та підвищення ризику аварійних зупинок бурових процесів.

Кабельні лінії виконані з використанням кабелю марки ААШв 3х70 мм<sup>2</sup>, що вже давно перевищив нормативний термін експлуатації, а захист системи електропостачання здійснюється застарілими вимикачами типу ВА-53. Це створює додаткові небезпеки, оскільки масляні вимикачі схильні до витоків масла та можуть стати джерелом пожежі у разі короткого замикання.

Додатково, встановлені релейні захисти на основі механічних пристроїв типу РТ-40 не забезпечують належної швидкості реагування та селективності. Такий стан електропостачання стає особливо критичним в умовах температурних коливань від -45°C до +40°C, оскільки низькі температури негативно впливають на старі ізоляційні матеріали та збільшують ризик аварій.

Аварійне електроживлення організовано за допомогою дизель-генераторних установок типу АД-100-Т400-1РЯ, проте їхня потужність недостатня для підтримки повноцінної роботи всього комплексу бурового обладнання у разі відсутності основного живлення. Це означає, що у випадку відключення централізованого

електропостачання бурова установка може працювати лише в обмеженому режимі або взагалі зупинитися.

Враховуючи наведене, можна зробити висновок, що система електропостачання бурового комплексу повністю вичерпала свій ресурс і не відповідає сучасним вимогам надійності, енергоефективності та безпеки. Для забезпечення стабільної роботи бурової установки необхідна комплексна реконструкція з повною заміною трансформаторних підстанцій на КТП потужністю не менше 1000 кВА для живлення споживачів напругою 660 В та 380 В.

#### **1.4. Висновки та пропозиції**

Проведений аналіз стану електропостачання бурового комплексу із буровою установкою БУ 2900/200 ЕУК-БМ виявив низку суттєвих проблем, що прямо впливають на ефективність і безпеку виробничих процесів. Наявна інфраструктура електроживлення значною мірою застаріла як морально, так і фізично. Залізобетонні опори повітряної лінії демонструють ознаки тривалої деградації під дією зовнішніх факторів. Силкові трансформатори надто малої потужності не здатні повноцінно забезпечити електроживлення сучасного бурового обладнання, особливо в умовах пікових навантажень. Використання старих кабельних ліній, масляних вимикачів та морально застарілих релейних захистів підвищує ризик аварій, втрат енергії та зниження загальної надійності енергопостачання.

З урахуванням виявлених недоліків пропонується здійснити комплексну реконструкцію системи електропостачання бурового комплексу. Зокрема, рекомендовано демонтувати старі комплектні трансформаторні підстанції КТПН та замінити їх на сучасні модульні КТП типу КТПМ. Також доцільно провести заміну силових кабельних ліній на нові кабелі типу 1хКГ - ХЛ або аналогічні, що відповідають сучасним нормам пожежної безпеки та мають підвищену стійкість до зовнішніх впливів. Для зниження вартості та тривалості монтажу пропонується розробити технологічну карту монтажу КТП 10/0,4 кВ.

Комплексна реалізація вищезазначених заходів дозволить забезпечити стабільну та надійну роботу бурової установки у важких кліматичних умовах, знизити ризики

аварійних ситуацій, підвищити енергоефективність і сприятиме збільшенню економічної ефективності виробничого процесу в цілому..

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ БУРОВОГО КОМПЛЕКСУ

### 2.1. Складання паспортних даних електрообладнання бурового комплексу

Бурова установка БУ 2900/200 ЕУК ЕПК-БМ призначена для кущового буріння нафтових і газових свердловин глибиною до 2900 м з електричним приводом постійного струму. Потужність бурового насоса становить 950 кВт. Розрахункова потужність на вхідному валу лебідки – 560 кВт.

Бурова установка БУ 2900/200 ЕУК-БМ може працювати за температури навколишнього повітря від мінус 45°C до плюс 40°C.

Бурова установка комплектується А-подібною щоглою. Для підйому та опускання щогли використовується бурова лебідка та спеціальні пристрої.

У буровій установці БУ 2900/200 передбачені механізми для переміщення та встановлення блоків з точки на точку, а також пристрої для центрування щоглового блоку в процесі буріння.

Перелік електрообладнання бурового комплексу наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Перелік електрообладнання бурового комплексу

№ з/п	Найменування ЕО	Паспортна потужність, $P_{насп}$ , кВт	К-ть, $n$ , од.
1	Допоміжна лебідка	19,5	1
2	Охолодження ТЕП	4	1
3	Ротор	350	1
4	Аварійний привід	37	1
5	Лебідка	560	1
6	Компресор низького тиску	55	2
7	Компресор високого тиску	7,5	1
8	Вентилятор лебідки	5,5	1
9	Вентилятор насоса №1	5,5	1
10	Вентилятор насоса №2	5,5	1
11	Вентилятор ротора	15	1
12	Вентилятор тиристорного модуля	3	2

13	Система мащення лебідки	1,5	1
14	Система мащення ротора	2,2	1
15	Насос	560	2
16	Вентилятор електрокалорифера СФО	1,5	1
17	Насос охолодження штоків	5,5	2
18	Осушувач повітря	1,5	1
19	Насос гідророзподільників	11,8	1
20	Насос забурювання	11,8	1
21	Насос відкачки стоків	30	1
22	Занурювальний насос	2,2	1
23	Насос 2К6	3	1
24	Обдув П.Б. (Площадка буріння)	0,25	1
25	Водоочистка котельної	4	1
26	Насос питний	2,2	4
27	Насос підпірний	30	2
28	Перемішувач	7,5	14
29	Насос подачі розчину	90	1
30	Насос малої подачі розчину	15	1
31	Насос ілосепаратора	30	1
32	Насос відкачки конденсату	15	2
33	Насос перекачування	30	2
34	Привод дегазатора	30	1
35	Привод шнекового транспорту	15	2
36	Привод насоса хімреагентів	7,5	1
37	Насос подачі розчину на циркуляційну фільтрацію	7,5	1
38	Водяний насос	15	1
39	Омивач сіток в/с	51	1
40	Вентилятор витяжки модулів	0,25	15
41	Вентилятор обігріву модулів	0,55	13
42	Занурювальний насос, модернізований під центрифугу	2,2	1
43	Вибросито	3,68	3
44	Центрифуга	36,8	1
45	Насос системи брудовловлювача	40	1
46	Таль для переміщення глини	3,4	1
47	Кран консольно-поворотний	2,25	1

## 2.2. Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок електричних навантажень проведемо на приклад консольно-поворотного крану.

Переведення потужності консольно-поворотного крана на тривалий режим:

$$P_n = P_{насп} \cdot \sqrt{\Pi B}; \quad (2.1)$$

$$P_n = 4,5 \cdot \sqrt{0,25} = 2,25 \text{ кВт}.$$

Для розрахунку навантаження визначимо загальну потужність.

$$P_{н\Sigma} = P_n \cdot n; \quad (2.2)$$

$$P_{н\Sigma} = 2,25 \cdot 1 = 2,25 \text{ кВт}.$$

Обчислимо активну потужність, яку споживає електричне обладнання протягом середньої тривалості зміни.

$$P_{CM} = P_{н\Sigma} \cdot K_i; \quad (2.3)$$

$$P_{CM} = 2,25 \cdot 0,2 = 0,45 \text{ кВт}.$$

Потім розрахуємо реактивну потужність, яку використовують електричні споживачі в середньому протягом зміни:

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (2.4)$$

$$Q_{CM} = 0,45 \cdot 1,73 = 0,7 \text{ кВар}.$$

Для інших електричних приладів проводимо аналогічний розрахунок навантажень, як для крану, і заносимо отримані результати таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. – Визначення електричних навантажень бурового комплексу

№ з/п	Найменування ЕО	$P_n$ , кВт	$n$ , од.	$P_{н\Sigma}$ , кВт	$K_i$	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{CM}$ , кВт	$Q_{CM}$ , кВар
1	Допоміжна лебідка	19,5	1	19,5	0,8	0,77	0,8	17,16	14,07
2	Охолодження ТЕП	4	1	4	0,6 5	0,8	0,7	2,6	1,95
3	Ротор	350	1	350	0,6	0,9	0,5	210	105
4	Аварійний привід	37	1	37	0,3	0,7	1,0	11,1	11,32
5	Лебідка	560	1	50	0,7	0,9	0,5	392	196
6	Компресор низького тиску	55	2	110	0,3	0,88	0,5	33	17,82
7	Компресор високого тиску	7,5	1	7,5	0,7	0,85	0,6	5,25	3,26
8	Вентилятор лебідки	5,5	1	5,5	0,7	0,8	0,7	3,85	2,89
9	Вентилятор насоса №1	5,5	1	5,5	0,7	0,8	0,7	3,85	2,89
10	Вентилятор насоса №2	5,5	1	5,5	0,7	0,8	0,7	3,85	2,89
11	Вентилятор ротора	15	1	15	0,7	0,8	0,7	11,25	8,44
12	Вентилятор тиристорного модуля	3	2	6	0,6	0,8	0,7	3,9	2,9
13	Система мащення лебідки	1,5	1	1,5	0,2	0,81	0,7	0,3	0,21
14	Система мащення ротора	2,2	1	2,2	0,2	0,81	0,7	0,44	0,31
15	Насос	560	2	1120	0,8	0,9	0,5	896	448
16	Вентилятор електрокалорифера СФО	1,5	1	1,5	0,7	0,8	0,7	1,05	0,79
17	Насос охолодження штоків	5,5	2	11	0,7	0,85	0,6	7,7	4,77
18	Осушувач повітря	1,5	1	1,5	0,6	0,8	0,7	1,02	0,76
19	Насос гідророзподільників	11,8	1	11,8	0,7	0,81	0,7	8,6	6,2
20	Насос забурювання	11,8	1	11,8	0,7	0,81	0,7	8,26	5,94
21	Насос відкачки стоків	30	1	30	0,7	0,85	0,6	22,5	13,95
22	Занурювальний насос	2,2	1	2,2	0,7	0,8	0,7	1,6	1,2
23	Насос 2К6	3	1	3	0,7	0,82	0,6	2,2	1,5
24	Обдув П.Б. (Площадка буріння)	0,25	1	0,25	0,6	0,8	0,7	0,15	0,11
25	Водоочистка котельної	4	1	4	0,2	0,65	1,0	0,96	1,02
26	Насос питний	2,2	4	8,8	0,7	0,8	0,7	6,3	4,8
27	Насос підпірний	30	2	60	0,7	0,81	0,7	42	30,24
28	Перемішувач	7,5	14	105	0,5	0,81	0,7	52,5	37,8
29	Насос подачі розчину	90	1	90	0,6	0,8	0,7	58,5	43,9
30	Насос малої подачі розчину	15	1	15	0,7	0,85	0,6	10,65	6,6
31	Насос ілосепаратора	30	1	30	0,5	0,9	0,4	15	7,2

32	Насос відкачки конденсату	15	2	30	0,7	0,85	0,6	21	13,02
33	Насос перекачування	30	2	60	0,73	0,85	0,6	43,8	27,2
34	Привод дегазатора	30	1	30	0,6	0,7	1,0	18	18,36
35	Привод шнекового транспорту	15	2	30	0,5	0,7	1,0	15	15,3
36	Привод насоса хімреагентів	7,5	1	7,5	0,7	0,85	0,6	5,25	3,25
37	Насос подачі розчину на циркуляційну фільтрацію	7,5	1	7,5	0,7	0,85	0,6	5,25	3,25
38	Водяний насос	15	1	15	0,3	0,86	0,5	4,5	2,7
39	Омивач сіток в/с	51	1	51	0,4	0,82	0,6	20,4	14,07
40	Вентилятор витяжки модулів	0,25	15	3,75	0,78	0,8	0,7	2,9	2,2
41	Вентилятор обігріву модулів	0,55	13	7,15	0,77	0,8	0,75	5,5	4,1
42	Занурювальний насос, модернізований під центрифугу	2,2	1	2,2	0,7	0,85	0,62	1,54	0,95
43	Вибросито	3,68	3	11,04	0,5	0,81	0,72	5,52	3,97
44	Центрифуга	36,8	1	36,8	0,75	0,8	0,75	27,6	20,7
45	Насос системи брудовловлювача	40	1	40	0,7	0,85	0,62	28	17,36
46	Галь для переміщення глини	3,4	1	3,4	0,2	0,87	0,56	0,68	0,38
47	Кран консольно-поворотний	2,25	1	2,25	0,2	0,5	1,7	0,45	0,7
48	Житлова площадка з котельнею	100	1	100	0,5	0,83	0,67	50	33,5
49	Освітлення території	0,29	1	0,29	-	-	-	0,29	0,018
	<b>Разом:</b>	<b>2237,5</b>	<b>100</b>	<b>3072,6</b>	<b>0,68</b>		<b>0,7</b>	<b>2088,9</b>	<b>1165,7</b>

Обчислимо коефіцієнт, що відображає ефективність використання групи електричних споживачів в процесі їх роботи:

$$K_{igrun} = \frac{P_{CM}}{P_{н\Sigma}}; \quad (2.5)$$

$$K_{igrun} = \frac{2088,9}{3072,6} = 0,68.$$

Обчислимо, яким є відношення між максимальною та мінімальною потужністю, яка потрібна для роботи всіх електричних приладів:

$$m = \frac{P_{\max}}{P_{\min}}; \quad (2.6)$$

$$m = \frac{560}{0,25} = 2240 > 3.$$

Розрахуємо тангенс кута фазового зсуву між струмом і напругою, що дозволить оцінити ефективність енергоспоживання.

$$\operatorname{tg} \varphi_{ep} = \frac{\Sigma Q_{CM}}{\Sigma P_{CM}}; \quad (2.7)$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{ep} = \frac{1165,7}{2088,9} = 0,55.$$

Обчислимо активну потужність, яка реально споживається в процесі роботи обладнання з урахуванням усіх факторів:

$$P_P = \Sigma P_{CM} \cdot K_M, \quad (2.8)$$

де  $K_M$  – коефіцієнт максимуму для шин низької напруги визначається як відношення максимальної навантажувальної потужності, яку можуть забезпечити ці шини, до їхньої номінальної потужності.

Для цехових трансформаторів цей коефіцієнт враховує змінні навантаження, які можуть виникати при короткочасних піках навантаження.

$$P_P = 2088,9 \cdot 0,9 = 1880 \text{ кВт}.$$

Визначимо реактивну потужність:

$$Q_p = \Sigma Q_{CM} = 1165,7 \text{ кВар.} \quad (2.9)$$

Визначимо повну потужність бурильного комплексу:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (2.10)$$

$$S_p = \sqrt{1880^2 + 1165,7^2} = 2212 \text{ кВА.}$$

Визначаємо розрахункове значення струму:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \quad (2.11)$$

$$I_p = \frac{2212}{\sqrt{3} \cdot 380} = 3364 \text{ А.}$$

### 2.3. Вибір силових трансформаторів

На буровій установці БУ 2900/200 ЕУК ЕПК – БМ використовується два класи напруги – 600 В і 380 В.

Напруга 600 В застосовується для живлення чотирьох електроприводів постійного струму Simoreg DC Master, які, в свою чергу, використовуються для живлення і управління чотирма двигунами постійного струму. Перелік електроприводів і двигунів постійного струму наведено в таблиці 2.3.

Напруга 380 В використовується для живлення власних потреб бурової установки.

Таблиця 2.3 – Перелік електроприводів і двигунів постійного струму

№ з/п	Призначення	Потужність, кВт	Назва електроприводу	Потужність, кВт
1	Електродвигун ротора	350	Siemens Simoreg DC Master 6RA70	510
2	Електродвигун лебідки	560	Siemens Simoreg DC Master 6RA90	660

3	Електродвигун насосу	560	Siemens Simoreg DC Master 6RA70	660
4	Електродвигун насосу	560	Siemens Simoreg DC Master 6RA70	660

Потужність трансформаторів бурової установки визначається величиною навантаження на електричні прилади, їх категорією надійності в електропостачанні та іншими факторами. Оскільки електричні споживачі напругою 660 В належать до 1-ї категорії надійності, то до монтажу приймаємо двотрансформаторну підстанцію.

### 2.3.1. Визначення електричних навантажень на напругу 600 В

Як приклад розглянемо розрахунок для електроприводу Siemens Simoreg DC Master 6RA70. Розрахунки проводимо за виразами (2.1)-(2.11).

Для розрахунку навантаження визначимо загальну потужність:

$$P_{n\Sigma} = 510 \cdot 1 = 510 \text{ кВт.}$$

Обчислимо активну потужність, яку споживає електричне обладнання протягом середньої тривалості зміни:

$$P_{CM} = 510 \cdot 0,6 = 306 \text{ кВт.}$$

Потім розрахуємо реактивну потужність, яку використовують електричні споживачі в середньому протягом зміни:

$$Q_{CM} = 306 \cdot 0,5 = 153 \text{ кВар.}$$

Навантаження інших електричних приладів будемо визначати за аналогічним принципом. Отримані результати внесемо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4. – Визначення електричних навантажень на напругу 600 В

№ з/п	Найменування ЕО	$P_n$ , кВт	$n$ , од.	$P_{n\Sigma}$ , кВт	$K_i$	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	$P_{CM}$ , кВт	$Q_{CM}$ , кВар
-------	-----------------	-------------	-----------	---------------------	-------	----------------	--------------	----------------	-----------------

1	Siemens Simoreg DC Master 6RA70	510	1	510	06	0,9	0,5	306	153
2	Siemens Simoreg DC Master 6RA90	660	3	1980	0,7	0,9	0,5	1386	693
	<b>Разом:</b>	<b>1170</b>	<b>4</b>	<b>2490</b>				<b>1692</b>	<b>846</b>

Обчислимо коефіцієнт, що відображає ефективність використання групи електричних споживачів в процесі їх роботи:

$$K_{igrun} = \frac{1692}{1170} = 1,4.$$

Обчислимо, яким є відношення між максимальною та мінімальною потужністю, яка потрібна для роботи всіх електричних приладів:

$$m = \frac{660}{510} = 1,29 < 3.$$

Розрахуємо тангенс кута фазового зсуву між струмом і напругою, що дозволить оцінити ефективність енергоспоживання:

$$tg \varphi_{zp} = \frac{846}{1692} = 0,0006.$$

Обчислимо активну потужність, яка реально споживається в процесі роботи обладнання з урахуванням усіх факторів:

$$P_p = 1692 \cdot 0,75 = 1269 \text{ кВт}.$$

Визначимо реактивну потужність:

$$Q_p = \Sigma Q_{CM} = 846 \text{ кВар}.$$

Визначимо повну потужність бурильного комплексу:

$$S_p = \sqrt{1269^2 + 846^2} = 1525 \text{ кВА.}$$

Визначаємо розрахункове значення струму:

$$I_p = \frac{1525}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1467 \text{ А.}$$

### 2.3.2. Визначення електричних навантажень на напругу 380 В

Все інше обладнання, яке не наведене в розділі 2.3.1, буде живитися від напруги 380 В. Розрахунки навантажень для напруги 380 В проводимо за виразами (2.1)-(2.11).

Відповідно:

$$K_{ізрун} = \frac{590,3}{1042,6} = 0,56.$$

$$m = \frac{100}{0,25} = 400 \succ 3.$$

$$\text{tg} \varphi_{zp} = \frac{416,7}{590,3} = 0,7.$$

$$P_p = 590,3 \cdot 0,9 = 513,2 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = \Sigma Q_{CM} = 416,7 \text{ кВар.}$$

$$S_p = \sqrt{513,2^2 + 416,7^2} = 675 \text{ кВА.}$$

$$I_p = \frac{675}{\sqrt{3} \cdot 380} = 1025 \text{ А.}$$

### 2.3.3. Вибір силових трансформаторів на напругу 600 В

Визначаємо номінальну потужність трансформаторів за умовою:

$$S_{ном} \geq \frac{P_{розр}}{K_3 \cdot N_T}, \quad (2.12)$$

де  $P_{розр}$  – розрахункове значення активної потужності бурового комплексу на напругу 600 В, кВт;

$N_T$  – к-ть силових трансформаторів на напругу 660 В, шт;

$K_3$  – коефіцієнт завантаження для 1 категорії з надійності електропостачання.

$$S_{ном} \geq \frac{1269}{0,7 \cdot 2} = 906 \text{ кВА.}$$

Для живлення споживачів напругою 660 В приймаємо до монтажу два трансформатори типу ТСЗП-1000/10-ГТ-У3.

Технічні характеристики обраного трансформатора наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6. – Технічні характеристики ТСЗП-1000/10-ГТ-У3

Тип	Втрати, кВт		$U_{кз}, В$	$i_0, \% I_n$	$\Delta P_T, кВт$	$\Delta Q_T, кВар$
	$P_{кз}$	$P_{хх}$				
ТСЗП-1000/10-ГТ-У3	9,0	1,8	5,8	1,1	12,42	78,8

### 2.3.4. Вибір силових трансформаторів на напругу 380 В

Визначаємо номінальну потужність трансформаторів за умовою (2.12):

$$S_{ном} \geq \frac{513,2}{0,7 \cdot 1} = 733 \text{ кВА.}$$

### **3. ВИБІР ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ СХЕМИ ВНУТРІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ БУРОВОГО КОМПЛЕКСУ**

#### **3.1. Вибір та розробка схеми кіл первинної комутації трансформаторних підстанцій**

З метою зменшення витрат на монтажні роботи для електропостачання бурильного комплексу приймаємо до застосування комплектні трансформаторні підстанції типу 2КТПН-1000 та КТПН-1000 з двома та одним силовим трансформатором відповідно.

Вибір і розробка схеми кіл первинної комутації трансформаторних підстанцій для бурильного комплексу є одним із найважливіших етапів проектування електропостачання. Основною метою є забезпечення надійного і безперебійного живлення бурильного обладнання з урахуванням специфіки технологічного процесу. При розробці схеми первинної комутації враховуються параметри навантаження, умови експлуатації, вимоги щодо безпеки та енергоефективності.

Ключовим фактором при виборі схеми є визначення оптимальної кількості і потужності трансформаторів, а також способу їхнього підключення до мережі. У бурильних комплексах зазвичай використовуються трансформаторні підстанції середньої напруги, які забезпечують живлення силових електродвигунів, насосів, компресорів та іншого обладнання. Первинна комутація повинна забезпечувати можливість гнучкого і безпечного перемикання трансформаторів на різні режими роботи, включаючи резервування і автоматичне введення резерву у разі аварійних ситуацій.

При розробці схеми важливо передбачити засоби захисту від коротких замикань, перевантажень та перенапруг. Доцільно застосовувати вакуумні вимикачі або елегазові комутаційні апарати, які забезпечують високу надійність і тривалий ресурс роботи в умовах інтенсивної експлуатації. Особливу увагу приділяють організації заземлення та грозозахисту, оскільки бурильні комплекси часто працюють у відкритій місцевості, де існує підвищений ризик удару блискавки.

Проектування схеми також передбачає інтеграцію систем автоматизованого керування та моніторингу, що дозволяє оперативно контролювати параметри електропостачання, фіксувати аварії та запобігати їх розвитку. Використання сучасних цифрових реле захисту і пристроїв реєстрації даних підвищує загальну ефективність роботи трансформаторних підстанцій.

Згідно з умовами проєкту, застосовуються дві типові підстанції: ТП 10/0,6 кВ, яка є двотрансформаторною, та ТП 10/0,4 кВ, що має однострансформаторне виконання. Двотрансформаторна підстанція забезпечує підвищену надійність живлення шляхом резервування навантаження. Це дозволяє одному трансформатору автоматично брати на себе навантаження у випадку виходу з ладу іншого, що особливо важливо для стабільної роботи бурильного обладнання у важких умовах.

Таким чином, грамотний вибір і розробка схеми первинної комутації забезпечують не лише безперебійну роботу бурильного комплексу, але й сприяють зниженню експлуатаційних витрат, підвищенню рівня електробезпеки і довговічності обладнання.

До монтажу обираємо комплектні трансформаторні підстанції серії Схеми первинних кіл комутації ТП 10/0,6 та ТП 10/0,4 наведені в графічній частині роботи проєкту.

### **3.2. Визначення електричних навантажень з врахуванням його розподілу по групам**

Вибір електрообладнання для схеми внутрішнього електропостачання бурового комплексу здійснюється на основі розрахункового струму, що протікає через розподільчий шинопровід і кабелі. Використовуючи формули (2.1)-(2.11), визначимо струм для розподільчого шинопроводу і кабелів відповідно до розподілу навантаження по групам.

### **3.3. Вибір апаратів захисту електрообладнання бурильного комплексу**

Виходячи із розрахованих електричних навантажень, проводимо вибір електрообладнання для системи внутрішнього електропостачання бурильного комплексу.

Вибір автоматичних вимикачів для захисту електрообладнання бурового комплексу здійснюється за наступними критеріями [00]:

- 1) Тип та характеристика обладнання.
- 2) Відповідність робочій напрузі мережі.

Автоматичний вимикач має відповідати умові:

$$U_{ном} = U_{мережі}, \quad (3.1)$$

де  $U_{мережі}$  – фактичне значення напруги трифазної мережі в місці встановлення обладнання.

- 3) Захист від струму навантаження.

Вимикач має забезпечити дотримання співвідношення:

$$I_{ном.ав} \geq I_{розрах}, \quad (3.2)$$

де  $I_{розрах}$  – розрахований робочий струм відповідної ділянки мережі.

- 4) Вимоги до технічного виконання:

- Наявність встановленої кількості полюсів;
- Використання комбінованого розчіплювача (теплового та електромагнітного);

- 5) Ефективність електромагнітного захисту визначається за умовою:

$$I_{відс.} \geq I_{пуск}, \quad (3.3)$$

де  $I_{пуск}$  – сумарні пускові струми двигунів у мережі.

Якщо система містить декілька двигунів, сумарний пусковий струм розраховується так:

$$I_{\text{пуск}} = \sum I_{\text{ном}} + \Delta I, \quad (3.4)$$

де  $\sum I_{\text{ном}}$  – сума паспортних струмів всіх двигунів,

$$I_{\text{пуск}} = \sum I_{\text{ном}} + (I_{\text{пуск макс}} - I_{\text{ном макс}}), \quad (3.5)$$

де  $I_{\text{пуск макс}}, I_{\text{ном макс}}$  – пусковий та номінальний струми найпотужнішого двигуна відповідно.

б) Визначення граничних струмів миттєвого відключення здійснюється за формулою:

$$I_{\text{відс.}} = k \cdot \sum I_{\text{ном}}, \quad (3.6)$$

7) Умови щодо експлуатації апарату:

- кліматичне виконання відповідно до умов експлуатації;
- категорія місця встановлення;
- клас захисту оболонки від впливу навколишнього середовища.

Вибір автоматичних вимикачів за вище наведеними умовами проведемо табличним способом. Результати вибору показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. – Результати вибору автоматичних вимикачів для бурильного комплексу

$I_{\text{розр}},$ $A$	Група	Тип АВ	$I_{\text{H.AB}},$ $A$	$U_{\text{H.AB}},$ $B$	$I_{\text{EM.ROZ}},$ $A$
<b>1025</b>	<b>Ввід 380 В</b>	ВА 77-1-1250, 3р	1250	690	12500
240,7	Насосний модуль	ВА 57-39-Х4, 3р	250	690	2500
250,8	Модуль лебідки	ВА 57-39-Х4, 3р	320	690	3200
122,7	Модуль вишки	ВА 57-35-Х7, 3р	125	690	1250
200,3	Компресорний модуль	ВА 57-39-Х4, 3р	250	690	2500

142,6	Побутовий модуль	BA 57-35-X7, 3р	160	690	1600
68	РІЦ житлового містечка	BA 57-35-X7, 3р	80	690	800
<b>1467,4</b>	<b>Ввід 600 В</b>	BA 77-1-1600, 3р	1600	690	16000
267,4	Siemens Simoreg DC Master 6RA70	BA 57-39-X4, 3р	320	690	3200
400	Siemens Simoreg DC Master 6RA90	BA 57-39-X4, 3р	500	690	5000
400	Siemens Simoreg DC Master 6RA90	BA 57-39-X4, 3р	500	690	5000
400	Siemens Simoreg DC Master 6RA90	BA 57-39-X4, 3р	500	690	5000

### 3.4. Вибір електричних кабелів

При виборі електричних кабелів для живлення обладнання бурильного комплексу необхідно враховувати кілька основних вимог. Перш за все, кабелі повинні відповідати розрахованому струмовому навантаженню, забезпечуючи тривалу роботу без перегріву та з дотриманням температурних режимів, встановлених для матеріалу ізоляції. Оскільки бурильні комплекси працюють у важких умовах, важливо, щоб кабель мав високу механічну міцність і був стійким до вібрацій, розтягування, ударів та інших механічних впливів.

Також необхідною є підвищена стійкість до дії агресивних середовищ, вологи, пилу та змін температури, що часто спостерігаються під час бурильних робіт. З цією метою рекомендується використовувати кабелі зі спеціальними захисними оболонками або бронюванням. Важливо забезпечити відповідність матеріалів ізоляції вимогам щодо стійкості до вологи, маслобензостійкості та термостійкості.

Окрім технічних характеристик, слід враховувати умови прокладки кабелю – наприклад, чи буде він прокладений відкрито, у траншеї, у трубах або на пересувному обладнанні, оскільки це впливає на вибір типу кабелю та спосіб його захисту. Необхідно також передбачити захист кабелів від коротких замикань і перевантажень шляхом правильного вибору перерізу жил відповідно до нормованих

температурних і струмових навантажень. Дотримання всіх цих вимог гарантуватиме безпечну, надійну та ефективну роботу бурильного комплексу.

Кабелі для живлення обладнання бурильного комплексу обираємо за наступним принципом [14, 18]:

$$I_{TP.ПР} \geq I_{розр.}, \quad (3.7)$$

де  $I_{TP.ПР}$  – найбільший тривалодопустимий струм для обраного проводу, А;

$I_{розр}$  – робочий струм електроприймачів бурильного комплексу, А.

### 3.5. Складання специфікації на електричні апарати та матеріали

Складання специфікації на електричні апарати та матеріали для системи електропостачання бурильного комплексу наведена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4. – Специфікація на електричні апарати та матеріали

№ з/п	Найменування	К-ть, шт.
1	Трансформаторна підстанція типу 2КТПН-1000/10/0,6 з трансформатором силовим серії ТСЗП-1000/10-ГТ-УЗ	1
2	Трансформаторна підстанція типу КТПН-1000/10/0,4 з трансформатором силовим серії ТМ-1000/10-ГТ-УЗ	1
3	Вимикач автоматичний ВА 77-1-1250 3Р	1
4	Вимикач автоматичний ВА 77-1-1600 3Р	1
5	Вимикач автоматичний ВА 57-39-Х4, 3р	7
6	Вимикач автоматичний ВА 57-35-Х7, 3р	3
7	Кабель КГ 4x50-0,38	68
8	Кабель КГ 4x70-0,38	10
9	Кабель КГ 4x95-0,38	18
10	Кабель КГ 4x120-0,66	7
11	Кабель КГ 4x185-0,66	16

## 4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ МОНТАЖУ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

### 4.1. Загальні положення

Технологічна карта розроблена для виконання монтажу комплектної трансформаторної підстанції (КТП) потужністю до 630 кВА напругою 10/0,4 кВ типу КТП-С (стаціонарна) або КТП-К (киоскового типу), призначеної для електропостачання споживачів промислового, аграрного чи житлового сектору.

Монтажні роботи проводяться на основі проектно-кошторисної документації, з урахуванням вимог чинних нормативних документів:

- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);
- Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС);
- Правила безпечної експлуатації електроустановок (ПБЕЕС);
- Державні будівельні норми (ДБН);
- Інструкції виробників устаткування.

Перед початком робіт має бути проведене ознайомлення персоналу з проектом, технологічною картою та інструктаж з охорони праці. Усі працівники мають пройти перевірку знань з електробезпеки (не нижче III групи) та мати відповідні допуски до виконання робіт в електроустановках.

До початку монтажу повинні бути завершені загальнобудівельні роботи: підготовлений майданчик, виконані фундаменти, прокладені траншеї під кабельні лінії та встановлено заземлення.

Всі монтажні роботи повинні проводитися із застосуванням засобів механізації та електрифікованого інструменту з дотриманням правил охорони праці та техніки безпеки.

Усі матеріали, вироби та комплектне електрообладнання, що використовуються під час монтажу, мають відповідати вимогам державних стандартів та супроводжуватися паспортами, сертифікатами якості, інструкціями з монтажу та експлуатації.

Після завершення монтажних робіт виконуються випробування і пусконаладжувальні роботи з обов'язковим складанням відповідної технічної документації.

## 4.2. Склад технологічного процесу

Монтаж трансформаторної підстанції включає комплекс взаємопов'язаних підготовчих, основних та завершальних етапів, що виконуються у суворій послідовності відповідно до проєктної документації та вимог нормативних актів.

Склад технологічного процесу монтажу комплектної трансформаторної підстанції показано в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. –Склад технологічного процесу монтажу комплектної трансформаторної підстанції

№	Найменування операції	Виконавці	Механізми та інструменти	Тривалість
1	Розмітка майданчика	1 електрик	Рулетка, теодоліт	0,5 дня
2	Розробка котловану під фундамент	Екскаваторник	Екскаватор, лопати	1 день
3	Улаштування фундаменту	2 бетонники	Бетонозмішувач, віброплита	1 день
4	Доставка та встановлення корпусу КТП	2 електрики, крановий	Автокран, стропи	0,5 дня
5	Монтаж силового трансформатора	2 електрики	Автокран, інструменти	1 день
6	Монтаж розподільчих пристроїв 10 кВ та 0,4 кВ	2 електрики	Електроінструмент, ІВЕ	1 день
7	Заземлення, грозозахист	2 електрики	Зварювальний апарат, вібратор	0,5 дня
8	Підключення до ЛЕП 10 кВ	2 електрики	Вишка, ізолюючі штанги	0,5 дня
9	Випробування та пусконаладжувальні роботи	Інженер-налагоджувальник	Мультиметри, мегаометр, ізоляційний вимірювач	1 день

## 4.3. Організація та виконання монтажних робіт

На початковому етапі здійснюються підготовчі роботи, які передбачають ознайомлення з технічною документацією, отримання необхідних дозволів, перевірку

готовності будівельної частини, а також розмітку місця встановлення підстанції та організацію безпечного робочого майданчика.

Далі виконуються земляні роботи, що полягають у розробці котловану для фундаменту, плануванні основи та створенні піщаної подушки. Після цього відбувається улаштування фундаменту: встановлюється опалубка, армується основа і заливається бетон (фундаментні блоки) із витримкою до досягнення необхідної міцності (рис. 4.1).



Рис. 4.1. Приклад установки фундаментного блоку для монтажу КТП

На основному етапі здійснюється доставка трансформаторної підстанції на будівельний майданчик (рис. 4.2).

Надалі здійснюється її встановлення на підготовлений фундамент із застосуванням вантажопідіймальної техніки, а також фіксація та вирівнювання конструкції (рис. 4.3.).

Далі проводиться монтаж силового трансформатора та розподільчих пристроїв високої та низької напруги, зокрема встановлення вимикачів, шин, автоматичних пристроїв, а також виконання внутрішньої комутації відповідно до проектних схем (рис. 4.4).



Рис. 4.2. Доставка КТП до місця установки



Рис. 4.3. Установка та фіксація трансформаторної підстанції на фундаментних блоках

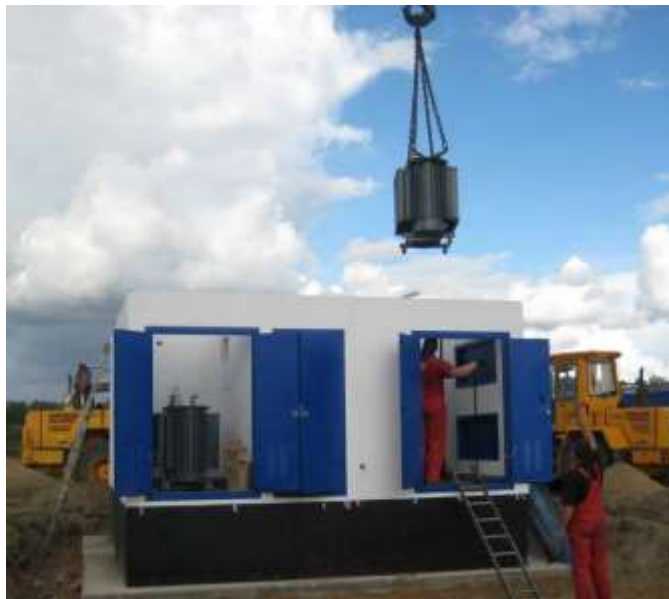


Рис. 4.4. Монтаж силових трансформаторів

Після встановлення основного обладнання виконується прокладання силових кабельних ліній, підключення живильних та відвідних кабелів із монтажем кабельних муфт, наконечників та фіксацією у спеціальних конструкціях (рис. 4.5).



Рис. 4.5. Прокладання силових кабельних ліній

Одночасно або після цього здійснюється монтаж контуру заземлення з підключенням усіх металевих частин обладнання, а також, у разі необхідності, установка елементів блискавкозахисту.



Рис. 4.6. Монтаж контуру заземлення КТП

Завершальним етапом є проведення електровимірювань, випробувань обладнання та пусконаладжувальних робіт, під час яких перевіряється правильність монтажу, функціонування всіх систем та відповідність параметрів установленим нормам (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Приймально-здавальні випробування КТП після монтажу

Результати оформлюються у вигляді технічної документації з подальшою підготовкою об'єкта до введення в експлуатацію.

#### **4.4. Вимоги до якості виконання робіт**

Якість виконання монтажних робіт трансформаторної підстанції має відповідати затвердженій проектно-кошторисній документації, вимогам чинних нормативно-технічних документів, а також технічним умовам виробників устаткування. Усі роботи повинні виконуватися кваліфікованим персоналом, який має відповідні допуски, досвід і проходив перевірку знань з електробезпеки.

До початку монтажу слід перевірити комплектність поставленого обладнання, відповідність маркувань проекту, цілісність корпусів, відсутність механічних пошкоджень, а також наявність технічної документації на кожен елемент. Монтаж фундаменту під КТП має здійснюватися з дотриманням геометричних параметрів та витримкою горизонтальності поверхні, щоб забезпечити правильне встановлення трансформаторної підстанції.

У процесі монтажу всі елементи обладнання повинні бути точно встановлені за кресленнями і схемами, закріплені згідно з інструкціями виробників і з урахуванням нормативних відстаней між струмоведучими частинами. Електричні з'єднання, особливо у високовольтних і низьковольтних колах, мають бути виконані з використанням сертифікованих з'єднувальних елементів і забезпечувати мінімальні контактні опори. Кабелі повинні прокладатися у спеціальних лотках, каналах або

траншеях без пошкоджень із дотриманням радіусів вигину та норм механічного навантаження. З'єднання кабелів, кінцеві муфти, наконечники повинні бути змонтовані згідно з технічною інструкцією виробника та мати високу герметичність.

Система заземлення повинна відповідати проектним розрахункам і забезпечувати опір розтікання струму не вище допустимих значень згідно з ПУЕ. Усі металеві частини обладнання, які не знаходяться під напругою, але можуть опинитися під нею в разі аварії, повинні бути надійно заземлені.

Після завершення монтажу мають бути проведені електричні випробування обладнання, включно з вимірюванням опору ізоляції, перевіркою фазування, перевіркою правильності підключення ліній, функціональних випробувань релейного захисту, автоматичних пристроїв та комутаційної апаратури. Усі випробування повинні бути оформлені відповідними актами.

Роботи, які не відповідають встановленим вимогам, повинні бути виправлені до наступного етапу виробництва або приймання. Лише після усунення всіх зауважень об'єкт може бути допущений до введення в експлуатацію..

#### **4.5. Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах**

Визначення потреби в матеріально-технічних ресурсах для монтажу трансформаторної підстанції здійснюється на основі робочої проектної документації з урахуванням конструктивних особливостей КТП, характеристик силового обладнання, обсягів земляних, будівельних і електромонтажних робіт. До основних ресурсів належать: силовий трансформатор, комплект розподільчих пристроїв (РУ-10 кВ та РУ-0,4 кВ), кабельно-провідникова продукція, з'єднувальні та захисні елементи, металоконструкції, матеріали для фундаменту, елементи заземлення, електромонтажні інструменти та допоміжне обладнання.

Окремо враховується потреба в будівельній техніці (екскаватор, автокран, вібратор для бетону), механізованому та ручному інструменті (перфоратори, зварювальні апарати, кабелерізи, гідропреси), засобах індивідуального захисту для персоналу, а також витратних матеріалах (електроди, мастила, маркувальні матеріали тощо). Усі ресурси повинні бути завезені на об'єкт завчасно, у повному обсязі та

відповідати сертифікованим технічним характеристикам, що забезпечить безперервність технологічного процесу та якість виконання робіт.

Перелік машин на спеціальній техніці наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. – Перелік машин на спеціальній техніці

№	Найменування	Технічні характеристики	К-ть
1	Автокран (для завантаження, розвантаження, монтажу обладнання)	Вантажопідйомність – 16 т; виліт стріли – 20 м	1
2	Автомобільна бурова установка (монтаж опор, огорож)	Глибина буріння – 3 м; вантажопідйомність лебідки – 1,2 т	1
3	Вантажний автомобіль (перевезення обладнання)	Вантажопідйомність – 14 т	1

Перелік матеріалів наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. – Перелік матеріалів, необхідних для монтажу КТП

№ з/п	Найменування	Тип	Од. вим.	Кількість
1	Сигнальна стрічка (огороження робочої зони)	–	м	Визначається згідно з будівельними нормами
2	Ґрунтувальна фарба (підфарбування місць зварювання, розмітка)	ПФ-120	кг	Визначається згідно з будівельними нормами
3	Обтиральна ганчір'я (підготовка контактних з'єднань)	бавовняна (х/б)	кг	Визначається згідно з будівельними нормами
4	Кварцово-вазелинова змазка (підготовка контактних з'єднань)	–	кг	Визначається згідно з будівельними нормами
5	Розчинник	Бензин, ацетон або уайт-спірит	кг	Визначається згідно з будівельними нормами
6	Електропровідна змазка	ЕПС-98	кг	Визначається згідно з будівельними нормами

#### **4.6. Вимоги техніки безпеки при монтажі**

Під час монтажу обладнання необхідно дотримуватись вимог техніки безпеки, що передбачають організацію безпечного виконання робіт і запобігання нещасним випадкам. До монтажу допускаються лише кваліфіковані працівники, які пройшли відповідний інструктаж з охорони праці, мають необхідні допуски, посвідчення та забезпечені засобами індивідуального захисту. Усі роботи мають виконуватись відповідно до проєктної документації, технологічних карт і виробничих інструкцій.

Перед початком монтажу робоче місце необхідно підготувати, звільнити від сторонніх предметів, організувати зручні підходи, освітлення та огороження небезпечних зон. Обов'язковим є застосування справного інструменту, вантажопідіймального обладнання та пристроїв, які мають відповідні перевірки й допуски.

Під час виконання робіт забороняється перебування сторонніх осіб у зоні монтажу. При переміщенні важкого обладнання необхідно координувати дії всіх учасників процесу. Особливу увагу слід приділяти роботі на висоті — використання запобіжних поясів, страхувальних канатів і справних драбин є обов'язковим.

Після завершення робіт проводиться прибирання місця монтажу, перевірка стану обладнання, а також повторний контроль справності змонтованих елементів. Усі порушення техніки безпеки слід негайно усувати, а в разі аварійної ситуації — припинити роботу та повідомити відповідальних осіб.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

**Організація роботи з охорони праці при виконанні робіт з монтажу систем електропостачання.** Організація роботи з охорони праці при виконанні робіт з монтажу систем електропостачання базується на комплексному підході до управління безпекою праці, що включає планування, фінансування, навчання, забезпечення працівників необхідними засобами захисту та встановлення відповідальності посадових осіб. Планування заходів з охорони праці здійснюється відповідно до загального плану виробничої діяльності підприємства з урахуванням характеру та обсягів монтажних робіт, на основі аналізу потенційних ризиків. Фінансування охорони праці передбачено окремим розділом у бюджеті підприємства, причому витрати на охорону праці не можуть бути меншими за нормативи, визначені законодавством. Кошти спрямовуються на проведення інструктажів, навчання, медичних оглядів, закупівлю спецодягу та ЗІЗ, а також на покращення умов праці.

У колективному договорі підприємства окремий розділ «Охорона праці» визначає зобов'язання роботодавця щодо створення безпечних умов праці, порядок забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, санітарно-побутовим обслуговуванням, а також гарантії для працівників у разі настання нещасних випадків. Документ також передбачає участь профспілки в контролі за дотриманням вимог безпеки.

Організація навчання працівників включає розробку та використання затверджених програм первинного, повторного, позапланового та цільового інструктажів. Інструкції з охорони праці розроблені для кожного виду робіт і доступні на робочих місцях. Ведуться журнали реєстрації інструктажів, а також протоколи перевірки знань з питань охорони праці. Крім того, проводиться атестація працівників, які виконують небезпечні роботи, зокрема з обслуговування електроустановок.

Працівники, задіяні у монтажі систем електропостачання, забезпечуються спецодягом, спецвзуттям, а також засобами індивідуального захисту відповідно до типових галузевих норм. Забезпечується наявність побутових приміщень — роздягалень, душових, місць для прийому їжі та відпочинку. Для збереження здоров'я працівників організовуються періодичні медичні огляди.

Відповідальність за організацію роботи з охорони праці покладається на керівника підприємства, керівників структурних підрозділів, а також на інженера з охорони праці. Вони зобов'язані забезпечити дотримання вимог законодавства, проводити контроль за станом охорони праці, вживати заходів для попередження нещасних випадків і оперативного реагування у разі виникнення аварійних ситуацій. За порушення вимог охорони праці передбачено дисциплінарну, адміністративну та кримінальну відповідальність [19, 20].

### **Небезпечні та шкідливі фактори при монтажі систем електропостачання.**

При монтажі систем електропостачання працівники можуть піддаватися дії низки небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які залежать від характеру та умов виконання робіт.

Найбільш критичним небезпечним фактором є ураження електричним струмом при роботі з електрообладнанням, особливо за умов підвищеної вологості або пошкодженої ізоляції. Значну небезпеку становить можливість виникнення електричної дуги, короткого замикання та загоряння електроустановок. Також існує ризик падіння з висоти під час прокладання кабелів або монтажу освітлювальних та силових мереж на щоглах, стінах чи перекриттях.

Шкідливими факторами є підвищені рівні шуму та вібрації від електроінструментів і перфораторів, що можуть впливати на слух і нервову систему. Нерідко працівники зазнають впливу пилу, особливо при прокладанні кабельних каналів у бетонних та цегляних конструкціях. Тривале перебування у незручних позах чи в обмеженому просторі може призвести до захворювань опорно-рухового апарату.

До хімічних шкідливих факторів належить можливість контакту зі шкідливими речовинами при використанні герметиків, ізоляційних матеріалів, а також у разі старіння електрокабелів із виділенням токсичних речовин. Температурні коливання, протяги та робота на відкритому повітрі в несприятливих погодних умовах також можуть негативно впливати на здоров'я монтажників.

Також варто враховувати психофізіологічні фактори: висока концентрація уваги, стресові ситуації через відповідальність за безпечне підключення мереж можуть викликати втому або зниження реакції, що підвищує ймовірність травм. Таким

чином, для безпеки робіт необхідне чітке дотримання технологій монтажу, використання засобів захисту та контроль за станом працівників.

**Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці при виконанні робіт з монтажу систем електропостачання.** Для забезпечення безпечних і здорових умов праці під час виконання робіт з монтажу систем електропостачання доцільно впровадити комплекс організаційних, технічних та профілактичних заходів, які дозволяють мінімізувати ризики впливу небезпечних і шкідливих факторів.

Передусім, усі працівники повинні проходити обов'язкове навчання з охорони праці, цільовий інструктаж перед початком робіт, а також періодичну перевірку знань з питань безпечного виконання електромонтажних робіт. Важливо забезпечити наявність чинних інструкцій з охорони праці для всіх видів монтажних процесів та контроль за їх виконанням.

Необхідно організувати постійний контроль за станом електроінструменту та електрообладнання, вчасне проведення профілактичного обслуговування, вимірювання опору ізоляції, перевірку наявності та справності пристроїв захисного відключення. Робота в електроустановках повинна проводитись лише з дозволу відповідальної особи, після оформлення наряду-допуску та під наглядом кваліфікованого працівника.

Обов'язковим є забезпечення працівників сертифікованим спецодягом, діелектричними рукавицями, калошами, касками, захисними окулярами, а також надання засобів колективного захисту – огорож, знаків безпеки, переносних заземлень. В умовах роботи на висоті слід застосовувати страхувальні пояси та фіксатори, а місця для монтажу повинні мати надійні помости або риштування.

Рекомендується організувати раціональний режим праці й відпочинку, з урахуванням тривалості роботи в складних умовах. На робочих майданчиках слід облаштувати санітарно-побутові приміщення, пункти надання домедичної допомоги, місця для обігріву взимку. Варто також впровадити систему щоденного моніторингу стану здоров'я працівників (особливо для робіт у замкнених просторах або при високих температурах).

Окрему увагу слід приділити психологічному клімату в колективі, профілактиці перевтоми та стресу, мотивації до дотримання вимог безпеки через інформування, заохочення та приклади позитивної культури охорони праці. Залучення інженера з

охорони праці до кожного етапу планування монтажу дозволить передбачити потенційні ризики та знизити ймовірність нещасних випадків..

**Висновки.** Ефективна організація охорони праці при монтажі систем електропостачання ґрунтується на системному підході до управління ризиками, дотриманні нормативних вимог, належному навчанні персоналу, забезпеченні засобами захисту та створенні безпечних умов праці. Впровадження цих заходів дозволяє знизити рівень виробничого травматизму, зберегти здоров'я працівників і підвищити ефективність виконання електромонтажних робіт.

## 6. ЕКОЛОГІЯ

**Вступ.** Екологічна безпека є одним із ключових аспектів під час проектування, реконструкції та експлуатації систем електропостачання промислових об'єктів, особливо таких, що пов'язані з видобутком нафти й газу. Діяльність бурильного комплексу передбачає використання значної кількості електроенергії, роботу електрообладнання в умовах підвищеного навантаження, а також можливе утворення шкідливих викидів і вплив на довкілля. Тому в процесі модернізації системи електропостачання важливо враховувати вимоги екологічного законодавства, забезпечення енергоефективності, мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та дотримання принципів сталого розвитку. У цьому розділі розглядаються основні екологічні аспекти функціонування електропостачання бурильного комплексу, потенційні джерела впливу на довкілля та шляхи їх мінімізації в межах запропонованих технічних рішень.

**Вплив.** Вплив системи електропостачання бурильного комплексу на довкілля проявляється у кількох основних напрямках. Насамперед, це споживання значних обсягів електроенергії, що в умовах традиційного енергозабезпечення супроводжується непрямими викидами парникових газів, особливо при використанні електроенергії, отриманої з вичерпного палива.

Робота електротехнічного обладнання, трансформаторних підстанцій і силових ліній може супроводжуватися електромагнітним випромінюванням, шумом і підвищеним тепловиділенням, що чинить локальний вплив на мікроклімат території. Крім того, можливе утворення відходів під час технічного обслуговування, зокрема зношених масел, ізоляційних матеріалів та електронних компонентів.

При порушенні правил експлуатації або аваріях можуть виникати витіки трансформаторних олиф, що забруднюють ґрунт і підземні води. Наявність незаземленого або пошкодженого обладнання створює ризики ураження струмом не лише для персоналу, але й для дикої фауни. Водночас впровадження сучасних систем автоматизації, енергоощадних технологій і засобів моніторингу дозволяє суттєво знизити екологічне навантаження, оптимізувати споживання електроенергії та підвищити загальний рівень екологічної безпеки об'єкта.

**Заходи.** Для зменшення негативного впливу системи електропостачання бурильного комплексу на довкілля необхідно впроваджувати комплекс екологічних заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності, зниження рівня шкідливих викидів та мінімізацію техногенного навантаження на навколишнє середовище. До основних заходів належить заміна застарілого електрообладнання на енергоощадне з високим класом енергоефективності, впровадження автоматизованих систем керування навантаженням для раціонального використання електроенергії, а також використання компенсувальних установок для зменшення реактивної потужності.

Важливим аспектом є герметизація трансформаторного обладнання, застосування екологічно безпечних ізоляційних матеріалів та регулярний контроль за станом електроустановок з метою запобігання витокам оливи і виникненню аварій. Рекомендовано організувати належну систему збору та утилізації відходів, що утворюються під час обслуговування електрообладнання, зокрема використаних мастил, зношених кабелів і електронних компонентів. Також доцільним є використання джерел відновлюваної енергії для часткового забезпечення потреб бурильного комплексу, що дозволить зменшити залежність від викопного палива. Усі заходи повинні впроваджуватися з дотриманням вимог чинного природоохоронного законодавства та екологічних стандартів.

**Висновки.** Система електропостачання бурильного комплексу має певний вплив на навколишнє середовище, який можна суттєво знизити за рахунок впровадження енергоощадного обладнання, автоматизованих систем керування, екологічно безпечних матеріалів та раціонального поводження з відходами. Реалізація запропонованих заходів сприятиме підвищенню екологічної безпеки об'єкта, зменшенню техногенного навантаження на довкілля та забезпеченню сталого функціонування підприємства.

## 7. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Наявна система електропостачання бурильного комплексу Нафтогазовидобувного управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» в місті Охтирка морально та фізично застаріла, що призводить до частих збоїв у роботі обладнання, незапланованих простоїв та зростання експлуатаційних витрат.

У зв'язку з цим виникла необхідність у комплексній реконструкції системи електропостачання з урахуванням сучасних вимог до енергоефективності, надійності та автоматизації процесів. Метою реконструкції є створення стабільного і безпечного енергопостачального середовища, яке відповідатиме виробничим потребам бурового обладнання та дозволить оптимізувати витрати на електроенергію і технічне обслуговування.

Запропоновані заходи передбачають оновлення трансформаторного обладнання, модернізацію внутрішніх і зовнішніх електромереж, впровадження енергоефективної системи зі встановленими показниками якості електричної енергії.

Очікується, що в результаті впровадження реконструкції буде досягнуто істотного зниження втрат електроенергії, покращення якості електропостачання, зменшення часу простоїв технологічного обладнання, а також зниження витрат на обслуговування системи. Проєкт має важливе значення як з технічної, так і з економічної точки зору, оскільки дозволяє підвищити ефективність роботи підприємства та забезпечити його стабільну діяльність в умовах зростаючих вимог до енергозбереження [22].

Таблиця 8.1 – Капітальні витрати на реконструкцію

Найменування	К-ть, шт.,м.	Ціна за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн.
Трансформаторна підстанція типу 2КТПН-1000/10/0,6 з трансформатором силовим серії ТСЗП-1000/10-ГТ-У3	1	750000	1750000
Трансформаторна підстанція типу КТПН-1000/10/0,4 з трансформатором силовим серії ТМ-1000/10-ГТ-У3	1	550000	1550000
Вимикач автоматичний ВА 77-	1	8000	8000

1-1250 ЗР			
Вимикач автоматичний ВА 77-1-1600 ЗР	1	10000	10000
Вимикач автоматичний ВА 57-39-Х4, Зр	7	4000	28000
Вимикач автоматичний ВА 57-35-Х7, Зр	3	6200	18600
Кабель КГ 4х50-0,38	68	100	6800
Кабель КГ 4х70-0,38	10	125	1250
Кабель КГ 4х95-0,38	18	175	3150
Кабель КГ 4х120-0,66	7	200	1400
Кабель КГ 4х185-0,66	16	250	4000
<b>Разом:</b>			<b>3381200</b>

Зменшення витрат на розрахунок за електроенергію [22]:

$$E_{el} = (W_{\delta} - W_{np}) \cdot C, \quad (8.1)$$

де  $C$  – вартість спожитої електричної енергії.

$$E_{el} = (4032000 - 3830400) \cdot 8 = 1612800 \text{ грн.}$$

Термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K_{одд}}{E_p}, \quad (8.2)$$

$$T_{ок} = \frac{3381200}{1612800} \approx 2,1 \text{ рік}$$

**Висновки.** Можна зробити висновок, що реконструкція системи електропостачання бурильного комплексу є економічно вигідною і має значний потенціал для зниження витрат на енергоспоживання. Капітальні витрати на реконструкцію складають 3381200 грн. Після впровадження оновленої системи очікується зниження споживання електроенергії на 5%, що дозволить зменшити річне споживання на 201600 кВт·год.

При поточній ціні електроенергії 8 грн/кВт·год, річна економія витрат складе 1612800 грн. Це забезпечує окупність проекту всього за 2,1 року, що свідчить про високу ефективність інвестицій в реконструкцію. Враховуючи короткий термін окупності та значну економію на енергоспоживанні, реконструкція є обґрунтованим і вигідним заходом для підприємства.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконаної дипломної роботи, присвяченої реконструкції системи електропостачання комплексу бурових установок «Нафтогазовидобувне управління «Охтирканафтогаз» ПАТ «Укрнафта» в м. Охтирка, було розроблено комплексне технічне рішення, що включає всі етапи реконструкції та модернізації електричних мереж підприємства.

Важливим етапом роботи став вибір та розрахунок силових трансформаторів для різних рівнів напруги (600 В та 380 В), що відповідають специфікаціям та вимогам підприємства. Окрім цього, розроблена схема внутрішнього електропостачання та визначено відповідні апарати захисту електрообладнання, що забезпечить стабільність та безпеку електричних систем у буровому комплексі.

Одним із ключових результатів роботи є розробка технологічної карти монтажу трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ, що включає етапи монтажу, організацію робіт, вимоги до якості та техніки безпеки. Це дозволить забезпечити належне виконання робіт з мінімальними ризиками та витратами на матеріальні ресурси. Зокрема, розраховані потреби в матеріально-технічних ресурсах, що необхідні для виконання монтажних робіт, а також встановлені заходи з охорони праці та екологічної безпеки, що є надзвичайно важливими для ефективного функціонування комплексу та збереження навколишнього середовища.

Реконструкція системи електропостачання бурового комплексу є економічно вигідною і має значний потенціал для зниження витрат на енергоспоживання. Капітальні витрати на реконструкцію складають 3381200 грн. Після впровадження оновленої системи очікується зниження споживання електроенергії на 5%, що дозволить зменшити річне споживання на 201600 кВт·год. При поточній ціні електроенергії 8 грн/кВт·год, річна економія витрат складе 1612800 грн. Це забезпечує окупність проекту всього за 2,1 року, що свідчить про високу ефективність інвестицій в реконструкцію.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи електропостачання сільського господарства : О75 Навчальний посібник / О. І. Коваленко, Л. Р. Коваленко, В. О. Мунтян, І. П. Радько. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2011 – 462 с.
2. А.А. Малиновський. Основи електропостачання: навч. посібник / Малиновський А.А., Хохулін Б.К. – Львів: Львівська політехніка, 2005. – 324 с.
3. Омельчук А.О. Основи електропостачання: Навч.посіб / А.О.Омельчук – К.: ЦП «Компринт», 2019. – 415 с. 4. Омельчук А.О. Електрична частина станцій і підстанцій: Навч. посібник / А.О.Омельчук. - К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2017. - 479 с.
4. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).
5. Nyangon, J. (2024). Strengthening Power System Resilience to Extreme Weather Events Through Grid Enhancing Technologies. arXiv preprint arXiv:2411.16962.
6. Singh, U. (2023). The Role of Hosting Capacity Study in Power System Advancements: A Review. arXiv preprint arXiv:2301.04765.
7. 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.
8. Wan, L. (2025). Research on Energy Management Control Strategy of MHPA-PV/T Heat Pump System. International Journal of Electric Power and Energy Studies, 4(1), 6–11.
9. Chen, J., & Wang, C. (2025). Lithium-ion Battery SOC Estimation Based on GA-AUKF Algorithm. International Journal of Electric Power and Energy Studies, 4(1), 12–22.
10. Мілих В. І., Павленко Т. П. Електропостачання промислових підприємств : підручник. – Київ : Каравела, 2020. – 272 с.
11. Козирський В. В., Волошин С. М. Основи електропостачання : підручник. – Київ : ЦП «Компринт», 2021. – 527 с.

12. Василега П. О. Електропостачання : підручник. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.
13. Шкрабець Ф. П. Електропостачання : навчальний посібник. – Дніпро : НГУ, 2015. – 540 с.
14. Денисюк С. П., Радиш І. П., Кабацій В. М., Дерев'янку Д. Г. Основи електротехніки та електропостачання : навчальний посібник. – Київ : Кондор, 2012. – 216 с.
15. Хмельницький Є. Д. Електропостачання промислових підприємств : методичні вказівки до самостійної роботи. – Кам'янське : ДДТУ, 2020. – 52 с.
16. Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Методичні рекомендації. Частина 2 «Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пускозахисної апаратури» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» / С.О. Квітка, М.В. Постнікова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – 76 с.
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.