МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Директор інституту(декан факультету)	Завідувач кафедри
_____ Сергій БЛАЖЕНКО	_____ Сергій БАЛЮТА
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«___» _____ 2022р.	«___» _____ 2022р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
"(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та технології енергозбереження»

на тему: «Розробка системи електропостачання ремонтно-механічного цеху машинобудівного заводу та аналіз сучасних тенденцій у проектуванні електричних мереж 0,4 - 10 кВ»

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ-4-3

Ріпа Максим Юрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Мащенко Олег Анатолійович _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти Аліна СІРИК _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Володимир МИХАЙЛЕНКО _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач_____
(підпис)

Київ - 2022р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту

Освітній ступінь Бакалавр

Спеціальність 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та технології
(назва)
енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____
“____” _____2022року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ріпа Максим Юрійович
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка системи електропостачання ремонтно-механічного цеху машинобудівного заводу та аналіз сучасних тенденцій у проектуванні електричних мереж 0,4 - 10 кВ»
керівник роботи Мащенко Олег Анатолійович, старший викладач,
(прізвище, ім’я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від “31” Березня 2022 року №167-кс
2. Строк подання здобувачем роботи 05.06.2022 року
3. Вихідні дані до роботи Призначення підприємства, розміри цеху, перелік і потужність споживачів, розташування обладнання.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів цеху. Побудова графіків електричних навантажень. Режим реактивної потужності. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування трансформаторної підстанції. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі. Розрахунок струмів короткого замикання. Релейний захист та автоматика. Розгляд питань охорони праці.
5. Перелік графічного матеріалу
1. Схема розташування обладнання.
2. Електричне освітлення цеху.
3. Схема електропостачання цеху.
4. Індивідуальне завдання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
ОП	Сірик А.О., доцент		

7. Дата видачі завдання__31.03.2022 року_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	31.03.2022 р.	
2	Вступ	02.04.2022 р.	
3	Коротка характеристика виробництва та споживачів	07.04.2022 р.	
4	Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів цеху	12.04.2022 р.	
5	Побудова графіків електричних навантажень цеху	17.04.2022 р.	
6	Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху	22.04.2022 р.	
7	Режими реактивної потужності системи електропостачання	27.04.2022 р.	
8	Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування трансформаторних підстанцій (ТП)	02.05.2022 р.	
9	Вибір схеми та розрахунок цехової мережі	04.05.2022 р.	
10	Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання	07.05.2022 р.	
11	Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного обладнання	10.05.2022 р.	
12	Релейний захист та автоматика (РЗА)	13.05.2022 р.	
13	Якість електричної енергії в системі електропостачання	15.05.2022 р.	
14	Конструктивне виконання цехових мереж та підстанцій	17.05.2022 р.	
15	Охорона праці	20.05.2022 р.	
16	Індивідуальне завдання	23.05.2022 р.	
19	Здача дипломного проекту на перевірку	30.05.2022 р.	

Здобувач _____ _____Ріпа М.Ю._____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ ____Мащенко О.А.____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Ріпа Максим Юрійович. Дипломний проект на тему: «Розробка системи електропостачання ремонтно-механічного цеху машинобудівного заводу та аналіз сучасних тенденцій у проектуванні електричних мереж 0,4 - 10 кВ»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається з вступу, 13 розділів, індивідуального завдання, висновку та списку літератури. Обсяг проекту становить 135 сторінка.

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень: Схема розташування електрообладнання ремонтно-механічного цеху, схема електричного освітлення ремонтно-механічного цеху, схема електропостачання цеху, креслення до індивідуального завдання яке розміщюється на трьох аркушах.

У проекті розглянута характеристика виробництва та споживачів. Розраховано електричне навантаження електроспоживачів цеху. На основі розрахунків побудовано графік електричних навантажень цеху. Вибрано напругу і електричну схему електропостачання цеху. Розраховано режим реактивної потужності системи електропостачання. Вибрано кількість, потужність трансформаторів та вибрано місце розташування трансформаторної підстанції. Вибрано схему силової мережі цеху. Розраховано вимірювання режимних параметрів системи. Розраховано струми короткого замикання. Вибрано релейний захист. Розраховано якість електричної енергії в системі. Розглянуто конструктивне виконання цехової мережі. У розділі охорони праці розглянуті засоби безпеки. Розроблено індивідуальне завдання на тему: «Аналіз сучасних тенденцій у проектуванні електричних мереж 0,4 - 10 кВ»

Ключові слова: трансформаторна підстанція, струм короткого замикання, релейний захист, реактивна потужність.

ABSTRACT

Ripa Maksym. Diploma project on the topic: "Development of the power supply system of the repair and mechanical shop of the machine-building plant and analysis of current trends in the design of electrical networks 0.4 - 10 kV"

National University of Food Technologies, Kiev -2022

141. "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics"

The attached explanatory note consists of an introduction, 13 chapters, an individual task, a conclusion and a list of references. The volume of the project is 135 pages.

The description includes a graphic part consisting of four drawings: Layout of electrical equipment of the repair and mechanical shop, electric lighting scheme of the repair and mechanical shop, power supply scheme of the shop, drawings for individual tasks which is placed on three sheets.

The project considers the characteristics of production and consumers. The electric load of electric consumers of the shop is calculated. On the basis of calculations the schedule of electric loadings of shop is constructed. The voltage and electrical circuit of the shop are selected. The mode of reactive power of the power supply system is calculated. The number and power of transformers are selected and the location of the transformer substation is selected. The scheme of the power network of the shop is selected. Measurement of system parameters is calculated. Short-circuit currents are calculated. Relay protection selected. The quality of electric energy in the system is calculated. The constructive execution of the shop network is considered. In the section of labor protection means of safety are considered. An individual task on the topic: "Analysis of current trends in the design of electrical networks 0.4 - 10 kV".

Key words: transformer substation, short circuit current, relay protection, reactive power.

Зміст

ст.

Вступ……...8
1. Коротка характеристика виробництва та споживачів……..10
2. Розрахунок електричних навантажень електроспоживачів цеху…....13
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000 В…….. 13
2.2. Розрахунок освітлювальних навантажень…….16
3. Побудова графіків електричних навантажень цеху……...19
4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху…….....21
5. Режими реактивної потужності системи електропостачання……....26
5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах……..26
5.2. Вибір кількості, потужності та місця розташування компенсуючих пристроїв…….....27
5.3. Вибір закону регулювання і системи автоматичного керування компенсуючих пристроїв……...28
5.4. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності……29
6. Вибір кількості, потужності трансформаторів та місця розташування трансформаторних підстанцій (ТП)……..……... 30
6.1 Вибір потужності трансформаторів ТП……..……..30
6.2 Техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП……...…….32
7. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі……..…...….36
7.1. Розрахунок силової мережі цеху……..36
7.2. Розрахунок освітлювальних навантажень……..……....48

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ріпа М. Ю.			**ЗМІСТ**	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А						
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

8. Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання……59
8.1. Обгрунтування систем комерційного та технічного обліку і контролю електроспоживання……..……....59
8.2. Вибір комплексних систем обліку та контролю електроспоживання, багатофункціональних електронних лічильників і т.д……..60
9. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного обладнання……..……. 64
9.1. Розрахунок струмів короткого замикання …….……..….64
10. Релейний захист та автоматика (РЗА)……..……69
10.1. РЗА трансформаторів цехових ТП та максимальний струмовий захист……..……..…….73
11. Якість електричної енергії в системі електропостачання…… ...77
11.1. Характеристики показників якості електричної енергії……...77
11.2. Характеристика методів та технічних заходів по забезпеченню якості електроенергії……80
11.3. Перевірка цехової мережі на допустиме відхилення напруги. ……...81
12. Конструктивне виконання цехових мереж та підстанцій……..……. 83
13. Охорона праці ……..……. 85
13.1. Електротехнічне обладнання на підприємстві……..85
13.2. Основні ізолюючі електрозахисні засоби для електроустановок напругою до 1000 В……...……...88
13.3. Практичний розрахунок……..……...90
14. Індивідуальне завдання…….. 97
15. Висновки……..…… …… 128
Список використаної літератури……..129

Вступ

Електроенергетична безпека - важлива складова життєдіяльності України. Одне з питань електроенергетичної безпеки є стан потужностей з виробництва електроенергії та перспективи їх розвитку в найближчий час та на довгострокову перспективу.

Електроенергетика України, як і світова енергетика, зазнала значних змін починаючи з початку 21 століття. На зміну енергетиці на невідновлювальних джерелах енергії (таких як: вугілля, газ, мазута і т. ін..) приходить відновлювальна, так звана «Зелена Енергетика».

«Зеленою» віднолювальну енергетику називають з причини її екологічної безпеки. Найпоширенішими видами електростанцій, що використовують відновлювальні джерела енергії, є сонячні, вітрові та гідроелектростанції. Також, останнім часом, передбачається розвиток комбінованого виробництва електричної та теплової енергії, що досягається укрупненням теплофікаційних агрегатів та подачею теплової енергії на великі відстані, що в свою чергу дозволяє зменшити залежність нашої енергетичної системи від мазутного палива.

Паралельно з розвитком відновлюваної енергетики в Україні проводилися підготовчі заходи до розвитку, модернізації, розширення атомної енергетики. За словами міністра енергетики України Герман Галущенко, Україна підписала низку домовленостей щодо розвитку атомної енергетики за підтримки країн Європейського Союзу. До прикладу, було підписано угоди з компанією «Westinghouse» про побудову нових п’яти енергоблоків, також підписано меморандум з компанією «NuScale» щодо вивчення можливостей будівництва малих модульних атомних реакторів.

Від розвитку електроенергетики в цілому перейдемо до фактичного функціонування електричних мереж. В наш час виробництво, передачу, розподіл та споживання електроенергії здійснюють трьохфазним змінним струмом з частотою 50 Гц на різних ступенях напруги. Завдяки тому, що виробничій процес поступово переходить на автоматизований рівень виробництва, а саме обладнуються автоматизовані пристрої управління на основних агрегатах та допоміжних машинах та механізмах станцій і підстанцій, в результаті ми маємо: зменшення аварійних ситуацій (котрі приводять до збитків), можливість управління станціями та підстанціями дистанційно, значне зменшення «людського фактору» на електроенергетичну систему.

Електричні мережі промислових підприємств поділяються на внутрішні (цехові) та зовнішні. Більшість підприємств споживають великі потужності і як правило великі промислові підприємства знаходяться за межами міста, саме через це зовнішні мережі електропостачання виконуються переважно кабелями, які прокладаються в траншеях, або в кабельних каналах. Перевагу при зовнішньому електропостачанню надають кабелям, так як пропускна спроможність кабелів більша ніж пропускна спроможність проводів.

В системах цехового розподілу електричної енергії використовуються комплектні розподільчі підстанції (КТП). Розподіл електричної енергії по цеху виконується комплектними силовими та освітлювальними шинопроводами, які утворюють гнучку і надійну систему розподілу.

Застосування автоматики повністю змінює характер роботи обслуговуючого персоналу підприємства. Одночасно з впровадженням автоматики з’явилась необхідність створення централізованого керування обладнанням електростанцій з одного пункту диспетчеризації. У свою чергу диспетчерські пункти теж зазнають значних модернізацій та вдосконалень. Невдовзі ми неодмінно матимемо можливість керувати з одного пункту диспетчерського управління не тільки певними електростанціями, а й електроенергетичною системою нашої країни в цілому.

Розділ 1. Коротка характеристика виробництва та споживачів.

Ремонтно-механічний цех (РМЦ) являється одним з цехів машинобудівного заводу.

РМЦ отримує живлення від підстанції глибокого вводу (ПГВ). Напруга на ПГВ – 10кВ.

Кількість робочих змін – 2 (зміни по 8 год).

Споживачі електричної енергії цеху відносяться до 2 і 3 категорії надійності електропостачання.

Грунт в районі ЕМЦ пісок з температурою +20˚С.

Розміри цеха АхВхН = 65х30х8 м.

Категорія приміщення - нормальна

Перелік обладнання ЕМЦ вказано в таблиці.

Номінальна потужність $P_н$ вказана для одного електроприймача.

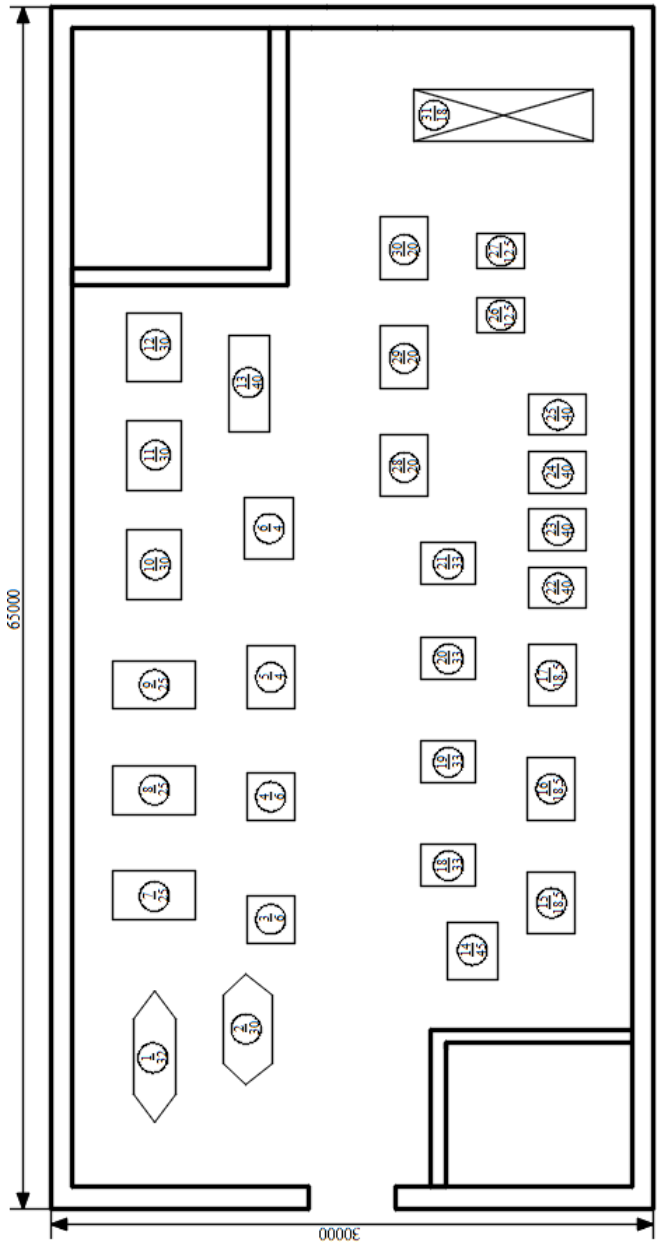
Розміщення основного обладнання вказано на плані.

Перелік електричного обладнання електромеханічного цеху (табл. 1.1).

					ДП 2022 141		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ріпа М. Ю.			**Характеристика виробництва та споживачів**	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А					
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-3	
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М					

Таблиця 1.1

Номер на плані	Найменування електроприймача	$P_н$, кВт	Примітка
1	Вентилятор приточний	32	
2	Вентилятор витяжний	30	
3, 4	Круглошліфувальний верстат	6	
5, 6	Вертикально-свердлильний верстат	4	
7 - 9	Горизонтально-расточний верстат	25	
10 - 12	Зварювальний агрегат	30	ТУ=20%
13	Компресор	40	
14	Електрична піч опору	45	
15 - 17	Строгальний верстат	18,5	
18 - 21	Продольно-фрезерний верстат	33	
22 - 25	Продольно-стругальний верстат	40	
26, 27	Токарно-револьверний верстат	12,5	
28 -30	Зубофрезерний верстат	20	
31	Кран мостовий	18	ТУ=25 %



					ДП 2022 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис			

Розділ 2. Розрахунок навантажень цехових електроспоживачів

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень в електричних мережах до 1000В

Для електроприймачів, які працюють в повторно-короткочасному режимі (ПКР), приводять їх роботу до довготривалого режиму (наприклад зварювальний агрегат та кран мостовий).

Розрахунок методики покажемо на електроприймачах зварювальний агрегат та кран мостовий:

Сумарна номінальна потужність зварювального агрегату:

$$P_{\Sigma за} = n \cdot (P \cdot \sqrt{ТУ}) = 3 \cdot (30 \cdot \sqrt{0{,}20}) = 40{,}25 кВт$$

Сумарна номінальна потужність мостового крану:

$$P_{\Sigma км} = n \cdot (P \cdot \sqrt{ТУ}) = 1 \cdot (18 \cdot \sqrt{0{,}25}) = 9 кВт$$

Значення ТУ та Р беремо з вихідних даних.

Розрахунок заносимо до таблиці (таблиця 2.2.1).

Знаходимо сумарну номінальну потужність витяжного вентилятора:

$$P_{\sum вв} = n_{шт} \cdot P_1 = 1 \cdot 30 = 30 \text{ кВт},$$

де P_1 – одинична номінальна потужність; $n_{шт}$ – кількість електроприймачів.

Використовуючі вихідні дані - для витяжного вентилятора:

Коефіцієнт використання $К_В = 0{,}65$ та $\cos\varphi = 0{,}8$, знаходимо з табл. 2.6 [1].

$$tg\varphi = \arccos 0{,}8 = 0{,}75.$$

Визначаємо середню потужність за максимальну завантажену зміну:

$$P_{смвв} = P_{\sum вв} \cdot К_В = 30 \cdot 0{,}65 = 19{,}5 \text{ кВт},$$

$$Q_{смвв} = P_{смвв} \cdot \operatorname{tg}\varphi = 19{,}5 \cdot 0{,}75 = 14{,}63 \text{ кВар}.$$

Для інших споживачів результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.1.

Сумарна номінальна потужність електроприймачів зі змінним графіком навантажень беремо з таблиці 2.2.1:

$$P'_{\sum\text{ном}} = \sum P_{\Sigma\text{ном}} = 678{,}75 \text{ кВт.}$$

Сумарна середня активна потужність електроприймачів зі змінним графіком навантажень беремо з таблиці 2.2.1:

$$P_{\Sigma\text{см}} = \sum P_{\text{см}} = 181{,}33 \text{ кВт.}$$

Сумарна середня реактивна потужність електроприймачів зі змінним графіком навантажень беремо з таблиці 2.2.:

$$Q_{\Sigma\text{см}} = \sum Q_{\text{см}} = 163{,}79 \text{ кВар.}$$

Коефіцієнт використання електросприймачів зі змінним графіком навантаження:

$$\text{К}_\text{в} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{P'_{\sum\text{ном}}} = \frac{181{,}33}{678{,}75} = 0{,}27.$$

Визначаємо n_e:

$$n_\text{e} = \frac{\left(P'_{\sum\text{ном}}\right)^2}{\Sigma P\text{ном}^2 \cdot n}$$

$$n_\text{e} = \frac{678{,}75^{\ 2}}{32^2 \cdot 1 + 30^2 \cdot 1 + 6^2 \cdot 2 + 4^2 \cdot 2 + 25^2 \cdot 3 + {}^2 \cdot 30^2 \cdot 3 + 40^2 \cdot 1 + 18{,}5^2 \cdot 3 + 33^2 \cdot 4 + 40^2 \cdot 4 + 12{,}5^2 \cdot 2 + 20^2 \cdot 3 + 18^2 \cdot 1} = 21{,}11.$$

По таблиці 2.1., [1] знаходимо коефіцієнт максимуму $\text{К}_\text{м}$ методом інтерполяції при n_e =21,11:

Знаходимо $\text{К}_{\text{М1}}$ коли $\text{К}_\text{в}$=0,2 та n_e=20 і n_e=25:

$$\text{К}_{\text{М1}} = 1{,}5 - \frac{1{,}5-1{,}4}{2} \cdot 0{,}91 = 1{,}478;$$

Знаходимо $\text{К}_{\text{м2}}$ коли $\text{К}_\text{в}$=0,3 та n_e=20 і n_e=25:

$$\text{К}_{\text{М2}} = 1{,}34 - \frac{1{,}34-1{,}28}{2} \cdot 0{,}91 = 1{,}327;$$

З попередніх результатів знаходимо $\text{К}_\text{М}$ коли $\text{К}_\text{в}$=0,27 та n_e=21,12:

$$\text{К}_\text{М} = 1{,}478 - \frac{1{,}478-1{,}327}{0{,}1} \cdot 0{,}08 = 1{,}39.$$

Результати розрахунків заносимо в таблиця 2.1.

Таблиця 2.1

Коефіцієнт максимуму $К_м$

$\mathbf{n_e}$	$К_в$		
	0,2	**,27**	**0,3**
20-25	1,478		1,327
1,11		,39	

$$К_м = 1{,}39$$

Розрахункова активна потужність всіх електроприймачів:

$$P_р = P_{\Sigma см.змн} \cdot К_м + P_{\Sigma см.епо} = 181{,}33 \cdot 1{,}39 + 22{,}5 = 274{,}15 \text{ кВт}.$$

Так як $n_e > 10$, то реактивна складова визначається як:

$$Q_р = Q_{\Sigma см.змн} + Q_{\Sigma см.епо} = 163{,}79 + 7{,}40 = 171{,}19 \text{ кВар}.$$

Повна потужність:

$$S_р = \sqrt{{P_р}^2 + {Q_р}^2} = \sqrt{274{,}15^{\,2} + 171{,}19^{\,2}} = 323{,}21 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм всіх електроприймачів:

$$I_р = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{323{,}21}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4} = 466{,}51 \text{ А}.$$

Обчислення пікового струму та пікової потужності

Піковий струм групи споживачів завантаження визначається, виходячи з таких умов: всі двигуни крім найпотужнішого працюють в нормальному режимі, а найпотужніший запускається.

Піковий струм групи споживачів що працюють зі змінним графіком навантаження:

$$I_{пік} = i_{пуск}^{max} + \left(I_р - K_в \cdot I_{ном}^{max}\right)$$

$i_{пуск}^{max}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна в групі;

$I_{\text{р}}$ – розрахунковий струм всіх електроприймачів, що працюють зі змінним графіком навантаження;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання для цього двигуна;

$I_{\text{ном}}^{max}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна.

$$i_{\text{пуск}}^{max} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{max}$$

$K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму. $K_{\text{пуск}} = 5$

$$I_{\text{ном}}^{max} = \frac{P_{\text{ном}}^{max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{\text{ном}}} = \frac{40}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}9} = 80{,}19 \text{ А}$$

$P_{\text{ном}}^{max}$ – потужність найпотужнішого двигуна;

$$i_{\text{пуск}}^{max} = K_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{ном}}^{max} = 5 \cdot 80{,}19 = 400{,}95 \text{ А}$$

Піковий струм електроприймачів зі змінним графіком навантажень:

$$I_{\text{пік}} = i_{\text{пуск}}^{max} + \left(I_{\text{р}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном}}^{max}\right)$$

$$I_{\text{пік}} = 400{,}95 + (433{,}38 - 0{,}5 \cdot 80{,}19) = 794{,}24 \text{ А}$$

Визначення пікової потужності електроприймачів зі змінним графіком навантажень:

$$S_{\text{пік}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I_{\text{пік}} = \sqrt{3} \cdot 0{,}4 \cdot 794{,}24 = 550{,}26 \text{ кВА}$$

2.2. Розрахунок освітлюваного навантаження

Розраховуємо площу нашого цеху:

Довжина цеху: а = 65 м,

Ширина цеху: b = 30 м,

Площа цеху: $S = a \cdot b = 65 \cdot 30 = 1950$ м^2.

Питома норма освітлення: $p = 0.015 кВт / м^2$

Тоді, розрахункова потужність:

$$P_{\text{рп}} = p_{\text{пит}} \cdot S = 0{,}015 \cdot 1950 = 29{,}25 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{рп}} = P_{\text{рп}} \cdot tg\varphi = 29{,}25 \cdot 0{,}33 = 9{,}65 \text{ кВар};$$

$$tg\varphi = \arccos(0{,}95) = 0{,}33.$$

Повна потужність:

$$P_{\text{роз.ц}} = P_{\text{р}} + P_{\text{рп}} = 274{,}15 + 29{,}25 = 303{,}4 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{роз.ц}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{рп}} = 171{,}19 + 9{,}65 = 180{,}84 \text{ кВар};$$

$$S_{\text{роз}} = \sqrt{{P_{\text{роз.ц}}}^2 + {Q_{\text{роз.ц}}}^2} = \sqrt{303{,}4^{\,2} + 180{,}84^2} = 353{,}20 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм всіх електроприймачів:

$$I_{\text{роз}} = \frac{S_{\text{роз}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{353{,}20}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4} = 509{,}8 \text{ А}.$$

Таблиця 2.2.1

Електроприймач					Коефіцієнти			Потужність	
№	Назва		Рном, кВт	Р∑ном, кВт	Кв	Cosф	tgф	Рсм, кВт	Qсм, кВар
1	Вентилятор приточний		32	32	0,65	0,8	0,75	20,8	15,60
2	Вентилятор витяжний		30	30	0,65	0,8	0,75	19,5	14,63
3,4	Круглошліфувальний верстат		6	12	0,2	0,65	1,17	2,4	2,21
5, 6	Вертикально-свердлильний верстат		4	8	0,2	0,65	1,17	1,6	1,47
7,8,9	Горизонтально-розточний верстат		25	75	0,2	0,65	1,17	15	12,54
10,11,12	Зварювальний агрегат		30	40,25	0,35	0,5	1,73	14,09	24,40
13	Компресор		40	40	0,5	0,8	0,75	20	15,00
15,16,17	Стругальний верстат		18,5	55,5	0,2	0,65	1,17	11,1	9,98
18,19,20,21	Поздовжньо-фрезерний верстат		33	132	0,2	0,65	1,17	26,4	22,87
22,23,24,25	Поздовжньо-стругальний верстат		40	160	0,2	0,65	1,17	12	27,41
26,27	Токарно-револьверний верстат		12,5	25	0,2	0,65	1,17	5	5,85
28,29,30	Зубофрезерний верстат		20	60	0,2	0,65	1,17	12	9,35
31	Кран мостовий		18	9	0,16	0,5	1,73	1,44	2,49
	Сумарно для електро-приймачів зі змінним графіком навантажень	30		678,75	0,27			181,33	163,79
14	Електрична піч опору		45	45	0,5	0,95	0,33	22,5	7,40
	Сумарно для всіх електроприймачів	31		723,75	0,28			203,83	171,19

Сумарні значення коефіцієнтів та розрахункових значень для електроспоживачів зі змінним характером навантажень згідно з значеннями наведеними у таблиці 2.2.1, зводимо до таблиці 2.2.2.

Таблиця 2.2.2

Коефіцієнти		Розрахункові значення			
ne	Км	Pp, кВт	Qp,кВар	Sp, кВа	Ip, А
21,11	1,39	251,65	163,79	300,26	433,38

Значення коефіцієнтів та розрахункових значень для електричної печі опору згідно з значеннями наведеними у таблиці 2.2.1, зводимо до таблиці 2.2.3.

Таблиця 2.2.3

Коефіцієнти		Розрахункові значення			
ne	Км	Pp, кВт	Qp,кВар	Sp, кВа	Ip, А
-	-	22,50	7,40	23,68	34,19

Сумарні значення коефіцієнтів та розрахункових значень для всіх електроспоживачів згідно з значеннями наведеними у таблиці 2.2.1, зводимо до таблиці 2.2.4.

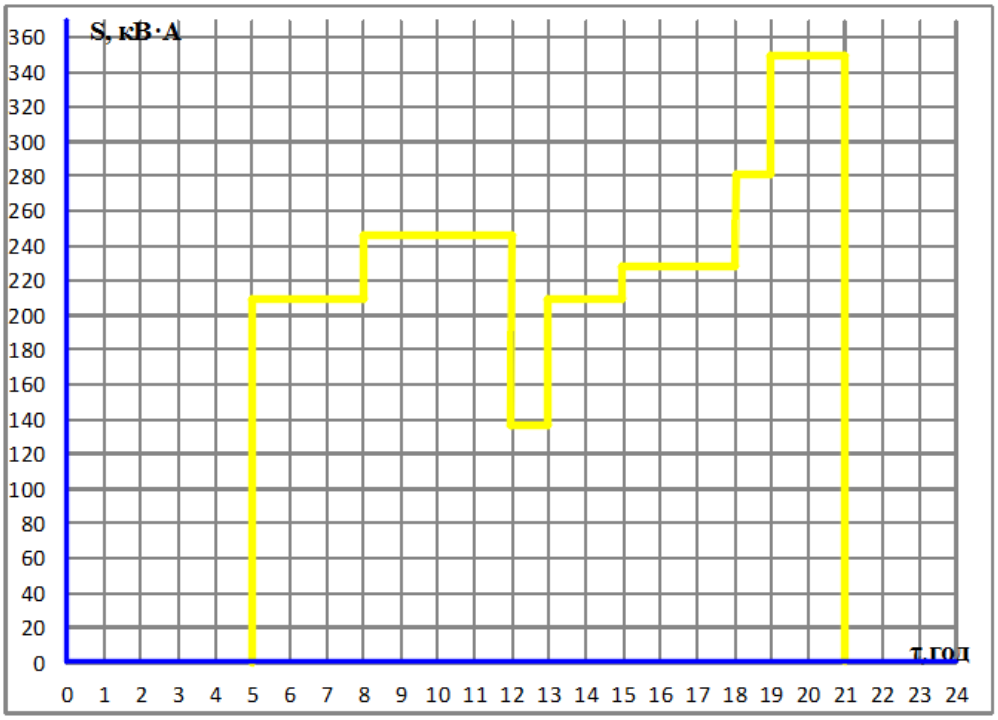
Таблиця 2.2.4

Коефіцієнти		Розрахункові значення			
ne	Км	Pp, кВт	Qp,кВар	Sp, кВа	Ip, А
21,11	1,39	274,15	171,19	323,21	466,51

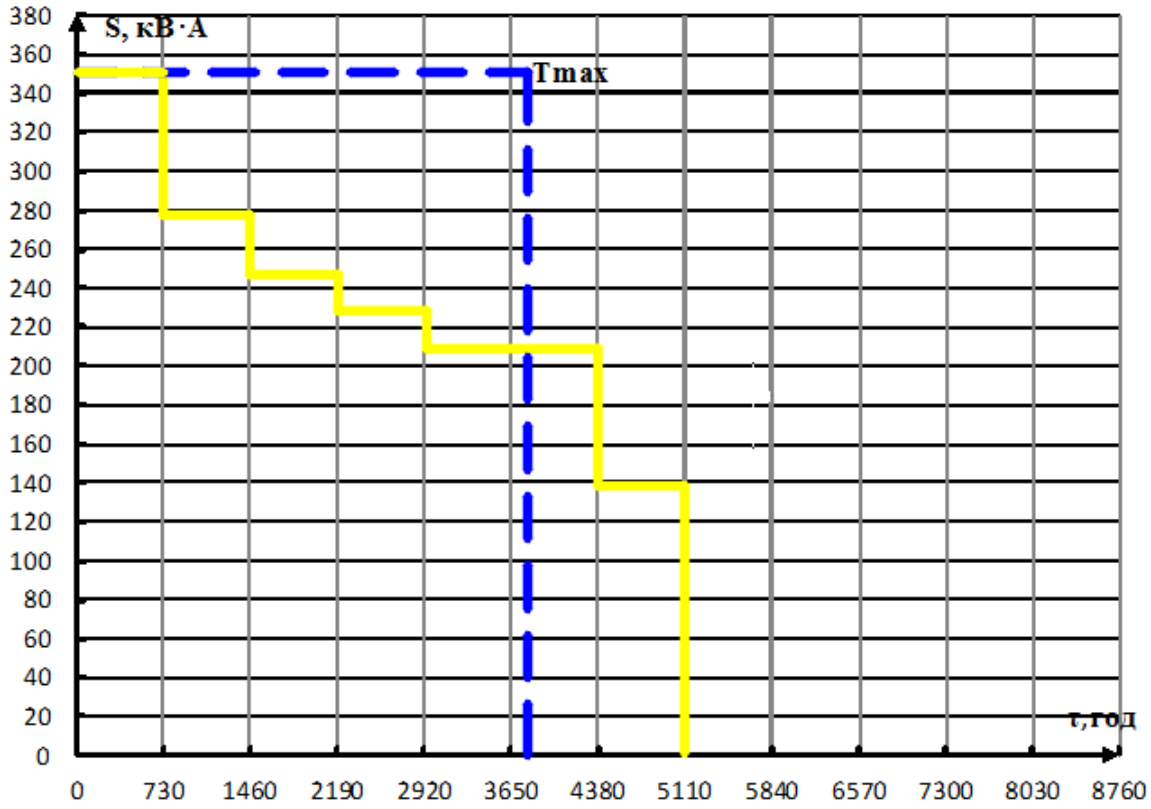
3. Графіки електричного навантаження цеху.

Коефіцієнт завантаження від максимального $m_i=Si/S_{\Sigma макс}$	Години доби Δτ,год	Навантаження обмоток ВН для споживачів II та III категорії надійності,кВА $Si = m_i \cdot S_{\Sigma макс}$
0	0…1	0
0	1…5	0
0,6	5…8	211,924
0,7	8…12	247,244
0,4	12…13	141,282
0,6	13…15	211,924
0,65	15…18	229,584
0,8	18…19	282,565
1	19…21	353,26
0	21…22	0
0	22…23	0
0	23…24	0

Добовий графік навантаження



Впорядкований річний графік споживання потужності цехом



4. Вибір напруги і електричних схем зовнішнього та внутрішнього електропостачання цеху

При проектуванні розподілу електроенергії в цехах головне завдання полягає у виборі оптимальної схеми мережі. Схему повинен погодити замовник і неодмінно вона повинна відповідати всім нормам та стандартам, які є дійсні в момент проектування схеми.

Розподіл енергії в цехових мережах може виконуватися за наступними схемами: магістральною, радіальною, змішаною чи замкнутою схемою. Тип залежить від фактичного розміщення споживачів, їх потужності, від необхідності високого ступеня надійності живлення та інших характеристик особливостей об’єкта, що проектується.

Змішані схеми

Для електропостачання цехових споживачів радіальні або магістральні схеми в чистому вигляді застосовуються рідко. Розповсюдження знаходять так звані змішані схеми електричних мереж, які сполучають в собі елементи радіальних та магістральних схем. Вони більш надійні та прості в експлуатації і мають менші капітальні витрати. Змішані схеми застосовуються в прокатних та мартенівських цехах металургійної промисловості; в ливарних, ковальських та механоскладальних цехах; на збагачувальних фабриках, заводу штучного волокна, в котельнях та ін.

У залежності від характеру середовища виробничих приміщень і розташування приміщень електроприймачів по площі цеху можуть застосовуватися ті чи інші конструкції змішаних схем. У механічних цехах до магістралі приєднуються прокладенні вздовж розташування верстатного обладнання прокладка шино проводів не доцільна, для живлення окремих

електроприймачів, які віддаленні від СП або шино проводу, застосовуються не великі магістралі. До них рекомендується приєднувати електроприймачі різних технологічних потоків або різного технологічного призначення.

Радіальні схеми

Такі схеми треба застосовувати при навантаженнях, що розташовані на різних напрямах від джерела живлення.

Радіальні схеми характеризуються тим, що від джерела живлення (наприклад, від розподільчого щита підстанції) відходять лінії, які живлять великі електроприймачі (двигуни) або розподільчі пункти.

Від розподільчих пунктів через установлені в них захисні апарати живляться самостійними лініями інші електроприймачі малої потужності.

Прикладами радіальних схем можуть служити мережі насосних або компресорних станцій, а також мережі вибухо- і пожежонебезпечних приміщень і установок. При радіальних схемах використовуються ізольовані проводи та кабелі.

Двоступеневі радіальні схеми застосовують на великих і середніх підприємствах для живлення через розподільні підстанції цехових підстанцій та електроприймачів напругою понад 1000 В.

Одноступеневі радіальні схеми доцільніше застосовувати для живлення великих конденсаторних навантажень (насосні, компресорні, перетворювальні підстанції, електричні печі та ін.).

Допускаються схеми з приєднанням під один вимикач двох ліній, що прокладенні до різних ТП. У цьому випадку живлення останніх повинно передбачатися не менш, ніж по двох лініях, які відгалужуються від різни секцій джерела живлення.

Недоліком радіальних схем є те, що вона вимагає установки на підстанції більшого числа комутаційних апаратів і значних витрат кабелю.

Схема позбавлена гнучкості, притаманної магістральним схемам. При будь яких, навіть не значних, переміщеннях технологічного обладнання відбувається перерозподіл навантажень, який вимагає переробки мереж, що в умовах цехів, що працюють, важко зробити.

Замкнуті схеми

Крім незамкнутих магістральних, радіальних і змішаних схем застосовують замкнуті схеми мережі на напругу 1000 В і вище.

Розповсюдження в міських розподільчих мережах мають кільцеві магістралі та багатократно замкнуті схеми з декількома центрами (вузлами) живлення. До переваги замкнутих схем належить віднести менші втрати напруги і потужності, та велику надійність живлення споживачів.

Проте, при замкнутих мережах значно підвищується струм КЗ і ускладнюється система захисту; підвищується вартість мережі.

Магістральні схеми

Схеми застосовуються в мережах живлення при великій кількості електроприймачів невеликої потужності, які рівномірно розподіленні по площі цеху (металообробні і деревообробні цехи, текстильні фабрики та ін.).

Застосовуються магістральні схеми з використанням комплектних шино проводів: магістральних – серії ШМА та розподільчих – серії ШРА.

Застосування для цехового електропостачання магістральних схем дозволяє відмовитись від обладнання на ТП і виконати її за більш досконалою схемою блоку трансформатор – магістраль.

Магістральні схеми, виконанні шинопроводами, забезпечують високу надійність, гнучкість і універсальність цехових мереж. У разі їх застосування будь – яке приміщення технологічного обладнання та установка нового обладнання не викликають переробок мереж. Вони відкривають значну можливість впровадження збірних конструкцій шинопроводів, що

забезпечують індустріальний швидкісний монтаж мереж. Разом зі схемами блоку трансформатор – магістраль застосовуються схеми з декількома (двома-трьома) магістралями, приєднаними до одного цехового трансформатора. В цих випадках на цеховій КТП встановлюється один автоматичний вимикач на вводі і декілька лінійних вимикачів (за числом магістралей). Такі схеми застосовуються у великих цехах з трансформаторами потужністю 2500 кВА 1600 кВА при великій кількості електроприймачів, що встановленні в різних напрямках від цехової підстанції.

Розподільчі шинопроводи застосовуються в першу чергу для живлення електроприймачів цехів зі зміною технологією та при розташування обладнання рядами.

Розподіл навантажень між магістралями виконується так, щоб електроприймачі однієї технологічної лінії не приєднувалися до різних магістралей.

Якщо враховувати, що магістральні мережі в аварійному режимі допускають такі ж перевантаження, як і силові трансформатори, то виявляється, що згаданим вище резервуванням може бути забезпечене надійне електропостачання не тільки електроприймачів 1-ої та 2-ої категорій, але значне число інших споживачів.

При одно трансформаторних підстанціях для резервування використовуються робочі магістралі, що живляться від різних підстанцій. Монтаж такого резервування не вимагає додаткових витрат і, як показує досвід проектування, при аварії забезпечує живлення більшої частини електроприймачів, що приєднанні до вимкненого трансформатора.

Важливе значення має та обставина, що магістральні схеми дозволяють будувати підстанції простішими і зменшувати їх розміри. При магістральних схемах можуть бути деякі перевитрати провідникового матеріалу, особливо при уніфікації перерізів магістралей з метою надання їм більшої універсальності.

Але такі перевитрати швидко окупаються при проведені технологічних реконструкцій цеху.

До недоліків магістральних схем відносять знижену, порівняно з радіальними схемами, надійність, оскільки при ушкодженні магістралі вимикаються всі споживачі, які від неї живляться.

Дослідивши всі можливі види електричних мереж можна зробити висновок, що для нашої схеми найкраще підходить змішана схема. Так, як змішані схеми сполучають в собі елементи радіальних та магістральних схем.

Схеми застосовуються в мережах живлення при великій кількості електроприймачів невеликої потужності, які рівномірно розподіленні по площі цеху.

У ремонтно-механічному цеху до магістралі приєднуються прокладенні вздовж розташування верстатного обладнання прокладка шинопроводів не доцільна, для живлення окремих електроприймачів, які віддаленні від РП або шинопроводу, застосовуються не великі магістралі. До них рекомендується приєднувати електроприймачі різних технологічних потоків або різного технологічного призначення Вони більш надійні та прості в експлуатації і мають менші капітальні витрати.

Згідно нашого завдання напруга 10/0,4 кВ.

5. Режими реактивної потужності системи електропостачання.

5.1. Розрахунок балансу реактивної потужності та вибір компенсуючих пристроїв в низьковольтних мережах.

Регулювання за реактивною потужністю є ідеальним методом з багатьох точок зору. Регулятор вмикається у вузлів живлення мережі.

Конденсаторна установка може бути багатосекційною, а регулювання вестись з достатньою точністю згідно графіком реактивного навантаження.

Для кожної цехової трансформаторної підстанції розглядається можливість розподілу знайденої потужності конденсаторів в її мережі.

Знайдене значення $Q_р$ заокруглюють до найближчого стандартного. Якщо розподільча мережа виконана кабельної лінією, то компенсуючий пристрій треба підключати до шин цехової підстанції

Так, як споживачі відносяться до II та III категорії надійності встановлюємо в цеху двотрансформаторну підстанцію. З урахуванням наявності централізованого резерву трансформаторів приймаємо коефіцієнт завантаження трансформаторів $K_З = 0{,}95$.

1. Визначаємо потужність трансформатора підстанції:

$$S_{\text{н.т.}} = \frac{S_{\text{роз}}}{\text{К}_\text{з} \cdot N} = \frac{353{,}20}{0{,}95 \cdot 2} = 185{,}9 \text{ кВА}$$

Враховуючи режим перенавантаження трансформатора при аварійному перенавантаженні в 1.4 рази приймаємо потужність трансформатора : $S_{\text{н.т.}} = 2\text{x}250 \text{ кВА}$

2. Згідно чинних нормативних документів по оплаті за реактивну енергію приймаємо КУ потужністю, рівною реактивного навантаження цеху:

$$Q_{\text{нк}} = Q_{\text{роз.ц}} = 180{,}84 \text{ кВар}$$

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ріпа М. Ю.			**Розрахунок режиму реактиивної потужності**	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А						
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						

5.2 Вибір кількості , потужності та місця розташування компенсуючи пристрої.

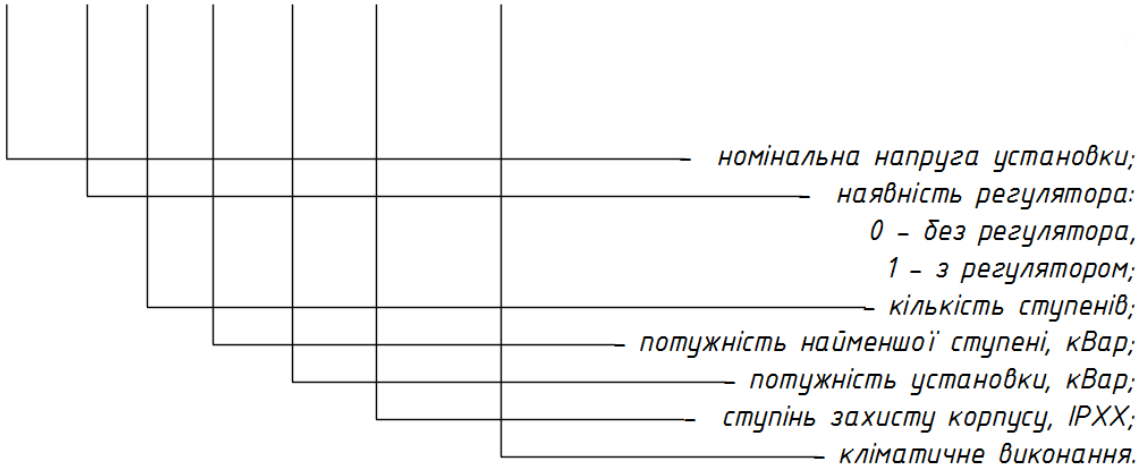
Виходячи з результатів розрахунків обираємо дві конденсаторні установки типу 2х УКРМ-0,4-01-06-20-200-IP54-УХЛ4 згідно сайту http:// electrograd.com.ua.

Параметри наведемо в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Тип	Кількість та потужність ступенів, квар	Довжина,мм	Ширина, мм	Висота, м	Маса, кг	Тип Конденсатора	ГОСТ, ТУ
2хУКРМ-0,4-01-06-20-200-IP54-УХЛ4	2×20 4×40	250	750	1500	100	2хКРМ -0,4-20 4х2хКРМ -0,4-40	. ГОСТ 22789-94, ГОСТ 27389-87, ПУЕ, ТУ У 31.2-30734728-035: 2007

УКРМ–0,4–01–06–20–200–IP54–УХЛ4



Враховуючи те, що трансформаторна підстанція розташована в прибудові цеху, немає можливості оптимально і економічно вигідно розташувати компенсуючі пристрої.

Отже, розміщуємо компенсуючі пристрої в приміщенні трансформаторної підстанції.

5.3 Вибір закону регулювання і системи автоматичного керування компенсуючих пристроїв

Комбіноване регулювання конденсаторних батарей ґрунтується на поєднанні двох способів регулювання-ступінчатому і плавному. Таке поєднання дозволяє використовувати їхні найкращі якості і діставати нові вищі характеристики регульованого статичного джерела реактивної потужності.

В основу методу покладено поєднання кількох ступенів КБ,керованих тиристорами,зі ступенем,у межах якого реактивна потужність змінюється плавно. Спосіб плавної зміни реактивної потужності може бути різним,або це КБ,що вмикається тиристорним вимикачем і вимикається за допомоги спеціального джерела керованих імпульсів струму,або це постійно ввімкнена КБ,потужність якої дорівнює одиничній потужності ступеня,паралельно якої ввімкнений такої само потужності керований тиристорами реактор.

Варто зазначити,що завдяки такому принципу керування статичний ДРП з комбінованим регулюванням має таку само швидкодію,як і плавний і ступінчатий ДРП, але на відміну від ступінчатого ДРП, дозволяє регулювати реактивну потужність плавно ,а на відміну від плавно регульованого ДРП не викликає в мережі значних спотворень форми кривої напруги.

Таке вмикання дозволяє плавно набирати потужність від нуля до границі ,що дорівнює потужності ступеня, а потім з допомогою відповідної системи керування та синхронізації вводить перший ступінь, у той самий час знижуючи до нуля потужність плавно регульованого ступеня. У проміжку між

ступенями потужність статичного компенсатора дорівнює потужності нижчих ступенів і потужності плавно регульованого ступеня. Так само здійснюється і зниження потужності. У разі форсування вмикаються всі ступені і плавно регульований ступінь на своє максимальне значення. Якщо необхідний повний скид потужності,що видається,система керування та синхронізації вмикає як ступінь статичного компенсатора, так і плавно регульовану секцію.

Серед недоліків такого методу можна зазначити необхідність застосування старанно налаштованої системи керування та синхронізації.

Для керування потужністю компенсуючих установок обладнуються автоматичними регуляторами потужності ступеневої дії.

5.4. Розрахунок фактичного коефіцієнта потужності.

Визначаємо $tg\varphi$ до компенсації:

$$tg\varphi = \frac{Q_{\text{роз.ц}}}{P_{\text{роз.ц}}} = \frac{180{,}84}{303{,}4} = 0{,}596$$

Знаходимо $\cos\varphi$:

$$cos\varphi = arctg(0{,}596) = 0{,}86$$

Визначаємо $tg\varphi$ після компенсації реактивної потужності:

$$tg\varphi = \frac{Q_{\text{роз.ц}} - Q_{\text{кп}}}{P_{\text{роз.ц}}} = \frac{180{,}84 - 200}{303{,}4} = -0{,}06$$

Знаходимо $\cos\varphi$:

$$cos\varphi = arctg(-0{,}06) = 0{,}99$$

З результатів розрахунків видно, що в результаті компенсації реактивної потужності фактичний коефіцієнт потужності зріс з $cos\varphi = 0{,}86$ до $cos\varphi = 0{,}99$.

6. Вибір кількості та потужності трансформатора та місця розташування трансформаторних підстанцій (ТП).

При встановленні на знижувальній підстанції двох трансформаторів їх номінальну потужність вибирають такою, щоб у випадку вимкнення одного з них інший міг забезпечити живлення споживачів другої та третьої категорій надійності з допустимим перевантаженням. У післяаварійних режимах допускається перевантаження трансформаторів на 40 % (але не більше 6 год на добу протягом п'яти діб), при цьому в нормальному режимі навантаження трансформаторів складатиме 65 - 70 % від сумарного навантаження споживачів у режимі найбільших навантажень.

Номінальну потужність автотрансформаторів вибирають залежно від максимального перетікання потужності між мережами високої та середньої напруги, а потужність три обмоткових трансформаторів - від максимального навантаження обмотки високої напруги.

Максимальне використання перевантажувальної здатності трансформаторів при вимкненні до 15 - 20 % споживачів третьої категорії в аварійних режимах дає можливість забезпечити електропостачання основних споживачів, що принципово допустимо, оскільки надійність роботи трансформаторів є достатньо високою.

Розраховують коефіцієнт завантаження трансформаторів дво-трансформаторної підстанції в нормальному режимі.

6.1 Вибір потужності трансформаторів ТП

Сумарна активна і реактивна потужність навантаження на шинах низької напруги:

$$P_{\text{нн}} = P_{\text{р}} + P_{\text{рп}} = 274{,}15 + 29{,}25 = 303{,}4 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{нн}} = Q_{\text{р}} + Q_{\text{рп}} = 171{,}19 + 9{,}65 = 180{,}84 \text{ кВар};$$

Так, як ми встановлюємо компенсуючу установку, ми маємо повну компенсацію реактивної потужності і через це в наступній формулі приймаємо , що $Q_{\text{нн}} - Q_{\text{кп}} = 0$:

$$S_{\text{нн}} = \sqrt{{P_{\text{нн}}}^2 + (Q_{\text{нн}} - Q_{\text{кп}})^2} = \sqrt{303{,}4^2 + (0)^2} = 303{,}4 \text{ кВА}.$$

Виходячи із забезпеченості надійності живлення, обираємо два трансформатори.

Згідно з ПУЕ коефіцієнт аварійного перевантаження може бути прийнятий рівним 1,4 (з урахуванням сезонних графіків).

Відокремимо два варіанти трансформаторів:

перший – два трансформатори потужністю 250 кВА;

другий – два трансформатор потужністю 400 кВА.

У нормальному режимі роботи обидва варіанти прийнятні.

Аварійні режими

Перший варіант. У разі вимкнення одного з трансформаторів потужністю 250 кВА той, що залишився у роботі, забезпечуватиме потужність:

$$1{,}4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1{,}4 \cdot 250 = 350 \text{ кВА},$$

Другий варіант. У разі вимкнення одного з трансформаторів потужністю 400 кВА той, що залишився у роботі, забезпечуватиме потужність:

$$1{,}4 \cdot S_{\text{ном.тр}} = 1{,}4 \cdot 400 = 560 \text{ кВА},$$

У обох випадках, у разі вимкнення одного з трансформаторів, другий зможе забезпечувати необхідну потужність для роботи цеху. Тобто робота підприємства не порушиться.

6.2.Техніко-економічний розрахунок щодо вибору трансформаторів ТП.

Порівняльну характеристику вибору трансформаторів виконаємо зіставленням приведених затрат (З), вибираючи варіант з найменшими зведеними затратами. Якщо вважати, що ТП за термін до одного року, а щорічні витрати будуть постійні, то сумарні зведені затрати, грн/рік

$$З = E_н К + С + У,$$

де $E_н$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_н$ = 0,10; К – одноразові капітальні вкладення за варіантом, що розглядається, грн; С – щорічні поточні витрати виробництва при нормальній роботі ТП за даним варіантом, грн/рік; У – збитки від недовипуску електроенергії споживачам, грн/рік (не враховуємо).

При порівнянні варіантів проектованої підстанції, в одноразові капітальні вкладення К можна врахувати лише вартість трансформаторів. Збитки від недовипуску електроенергії вважаємо однаковими для всіх варіантів ТП, а тому їх не враховуємо.

Щорічні поточні витрати:

$$С = E_{пр} К + E_a К + B_e,$$

де $E_{пр}$ – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та обслуговування. Для установок напругою до 90 кВ включно $E_{пр}$ = 0,03; E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, який можна прийняти таким, що дорівнює 0,063; B_e – вартість втрат електроенергії в трансформаторах, грн/рік

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2},$$

де C_e – середня собівартість 1 кВт · год. електроенергії в електросистемі, коп. Для розрахунків беремо C_e =370 коп/кВт · год.: ΔW – втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік, кВТ · год.

Втрати електроенергії за рік за паралельної роботи n трансформаторів:

$$\Delta W = n\left[P_{xx} T_0 + \frac{P_к 365}{(nS_{ном.тр})^2} \sum_{i=1}^{m} S_i^2 \Delta\tau_i \right],$$

де $P_х$, $P_к$ – потужність втрат електроенергії в трансформаторі відповідно в режимі холостого ходу та короткого замикання, кВт; Т – кількість годин приєднання трансформатора до живильної мережі за рік, год., Т = 8760 год.; m, k, f – кількість ступенів добового графіка навантаження підстанції відповідно на вищій, середній та низькій напругах.; $S_{i\ вн}$, $S_{i\ нн1}$, $S_{i\ нн2}$ – поточне навантаження i - го ступеня добового графіка відповідно на вищій та нижчій напругах, МВ·А; $\Delta\tau_i$ – тривалість i - го ступеня добового навантаження, год; $S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, МВ·А.

Розрахунок ведемо у табличній формі окремо для кожного варіанта (табл. 6.3).

ВАРІАНТ 1

На підстанції встановлено два трансформатора типу ТМГ-250 (сайт http://atrans.in.ua).

Технічні дані трансформатора наведены в таблиці 6.1:

Таблиця 6.1

Тип	Напруга	Потужність т-ра, кВА	Втрати, кВт		Напруга	Вартість
			х.х.	к.з.	к.з. %	тис. грн.
ТМГ	10/0,4	2х250	0,30	3,25	4	2х140000

Визначаємо втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік:

$$\sum_{i=1}^{m} S_i^2 \cdot \Delta\tau_i = 211{,}92^2 \cdot 3 + 247{,}24^2 \cdot 4 + 141{,}28^2 \cdot 1 + 211{,}92^2 \cdot 2 + 229{,}58^2 \cdot 3$$

$$+ 282{,}56^2 \cdot 1 + 353{,}2^2 \cdot 2 = 648153{,}311$$

$$\Delta W = n \cdot \left(P_{xx} \cdot T_0 + \frac{P_х \cdot 365}{\left(n \cdot S_{ном.тр}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^{m} S_i^2 \cdot \Delta\tau_i \right)$$

$$= 2 \cdot (300 \cdot 8760 + \frac{3250 \cdot 365}{(2 \cdot 250)^2} \cdot 648153{,}311 = 11406{,}974 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в трансформаторі:

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 370 \cdot 11406{,}974 \cdot 10^{-2} = 42205{,}8 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

де C_e–середня собівартість 1кВт ·год електроенергії в електросистемі, коп./кВт.

C_e=370 коп/кВт ·год.

Сумарні зведені витрати:

$$З = Е_н К + Е_{пр} К + Е_а К =$$

$$= 0{,}1 \cdot 280000 + 0{,}03 \cdot 280000 + 0{,}063 \cdot 280000 + 42205{,}8 = 96245{,}8 \text{грн/рік}$$

де $Е_н$–нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень($Е_н$=0,1).

ВАРІАНТ 2

На підстанції встановлено два трансформатора типу ТМГ-400 (сайт http://atrans.in.ua).

Технічні дані трансформатора наведені в таблиці 6.2.:

Таблиця 6.2.

Тип	Напруга	Потужність т-ра, кВА	Втрати, кВт		Напруга к.з. %	Вартість тис. грн.
			х.х.	к.з.		
ТМГ	10/0,4	2х400	0,43	4,6	4	2х186000

Визначаємо втрати електроенергії в трансформаторах підстанції за рік:

$$\sum_{i=1}^{m} S_i^2 \cdot \Delta\tau_i = 211{,}92^2 \cdot 3 + 247{,}24^2 \cdot 4 + 141{,}28^2 \cdot 1 + 211{,}92^2 \cdot 2 + 229{,}58^2 \cdot 3$$

$$+ 282{,}56^2 \cdot 1 + 353{,}2^2 \cdot 2 = 648153{,}311$$

$$\Delta W = n \cdot \left(P_{\text{хх}} \cdot T_0 + \frac{P_{\text{х}} \cdot 365}{\left(n \cdot S_{\text{ном.тр}}\right)^2} \cdot \sum_{i=1}^{m} S_i^2 \cdot \Delta\tau_i \right)$$

$$= 2 \cdot (430 \cdot 8760 + \frac{4600 \cdot 365}{(2 \cdot 400)^2} \cdot 648153{,}311 = 10934{,}379 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Знайдемо вартість втрат електроенергії в трансформаторі:

$$B_e = C_e \cdot \Delta W \cdot 10^{-2} = 370 \cdot 10934{,}379 \cdot 10^{-2} = 40457{,}2 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

де C_e–середня собівартість 1кВт ·год електроенергії в електросистемі, коп./кВт.

C_e=370 коп/кВт ·год.

Сумарні зведені витрати:

$$З=E_нК+ E_{пр}К+E_аК=$$

$$=0,1\cdot372000+0,03\cdot372000+0,063\cdot372000*40457,2=112253,2 \text{ грн/рік}$$

де $E_н$–нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень($E_н$=0,1).

Дані двох варіантів розрахунку заносимо до таблиці 6.3:

Таблиця 6.3

№ пп	Тип трансформаторів на ГПП і їх кількість	2×ТМГ-250	2×ТМГ- 400
	Складові річних витрат	Сума по варіантах, грн	
	Втрати електроенергії ΔW, кВт · год	11406,974	10934,379
	Вартість втрат електроенергії Ве	42205,8	40457,2
	Приведені затрати **З**	96245,8	112253,2

Висновок: Використовуємо два трансформатора ТМГ 250, так як це економічно доцільно.

7. Вибір схеми та розрахунок цехової мережі

7.1. Розрахунок силової мережі цеху

Цехову електричну мережу виконуємо змішаною. При цій схемі одна або кілька ліній, які відходять від РП низької напруги ТП, живлять розосереджене навантаження у вигляді розподільчих шинопроводів і силових шаф та невеликих ЕП. Приймаємо дану схему, оскільки маємо відносно рівномірне розташування силового та освітлювального навантаження по площині цеха. Схема забезпечить надійність, універсальність і високу гнучкість.

Вибір апаратури розподільчої мережі

Розподільна установка (розподільний або розподільчий пристрій, РП) — це електрична установка для прийому електроенергії (від генераторів електростанції, трансформаторів, перетворювачів, ліній електропередач) і розподілу між окремими групами споживачів.

Для захисту електричної мережі цеху застосовуються апарати захисту, а саме автоматичні вимикачі.

Використовуються розподільчі пункти типу ПР-11 із автоматичними вимикачами на фідерах.

Можлива установка на номінальні струми, згідно вимогам замовника.

Технічні характеристики та умова вибору наведені в таблиці 7.1.1.

Розрахункове значення повної потужності та розрахункового струму електроспоживачів, котрі живляться від РП, знаходимо за допомогою таблиць 2.2.1 та 2.2.2, в яких залишаємо значення лише для споживачів які живляться від певного РП.

Таблиця 7.1.1

№	Тип РП	Кількість приєднань	$I_{сп}^{р}$ А	Номер споживача на плані	Sp	$I_р$, А
1	ПР11-7124А	10	630	1,2,3,4,7,8,9	76,70	110,71
2	ПР11-3098	8	400	5,6,10,11,12,13	65,40	94,40
3	ПР11-7124А	10	630	14,15,16,17,18,19,20	76,38	110,25
4	ПР11-3122	8	630	21,22,23,24,25	72,05	104
5	ПР11-3098	8	400	26,27,28,29,30,31	34,79	50,21

Розрахунок РП1:

Дані заносимо в таблицю 7.1.2.

Таблиця 7.1.2

Електроприймач					Коефіцієнти			Потужність		Коефіцієнти		Розрахункові значення			
№	Назва	n	Рном, кВт	Р∑ном, кВт	Кв	cosф	tgф	Рсм, кВт	Qсм, кВар	nе	Км	Рр, кВт	Qр,кВар	Sр, кВа	Ір, А
1	Вентилятор приточний	1	32	32	0,65	0,99	0,14	20,8	2,96						
2	Вентилятор витяжний	1	30	30	0,65	0,99	0,14	19,5	2,78						
3,4	Круглошліфувальний верстат	2	6	12	0,2	0,99	0,14	2,4	0,34						
7,8,9	Горизонтально-розточний верстат	3	25	75	0,2	0,99	0,14	15	2,14						
	Сумарно	7		149,00	0,39			57,70	8,22	9,31	1,32	76,16	9,04	76,70	110,71

Аналогічним чином знаходяться необхідні значення для інших РП, результати розрахунків зводимо в таблицю 7.1.1.

Вибір автоматичних вимикачів до силових розподільчих пунктів.

Вибір автоматичних вимикачів до розподільчих пристроїв здійснюється за розрахунковим струмом, який визначається за формулою:

$$I_{роз} = \frac{S_р}{\sqrt{3} \cdot U_н}$$

де $S_р$ - розрахункове значення повної потужності.

Розрахунок розрахункового струму для РП1:

$$I_р = \frac{76,70}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 110,71 \text{ А}$$

Аналогічним чином вибираються інші автоматичні вимикачі, результати розрахунків зводимо в таблицю 7.1.3.

Таблиця 7.1.3

№	Тип РП	$I_р$, А	$I_{пік}$, А	Вимикач	$I_{розч}$	$I_{ном}$, А
1	ПР11-7124А	110,71	321,95	ВА 04-36	125	250
2	ПР11-3098	94,40	366,26	ВА 04-36	100	250
3	ПР11-7124А	110,25	310,2	ВА 04-36	125	250
4	ПР11-3122	104	508,79	ВА 04-36	125	250
5	ПР11-3098	50,21	252,49	ВА 04-36	63	100

Розподільчі шинопроводи серії ШРА застосовуються всередині приміщення в розподільчих електричних мережах трифазного струму частотою 50 і 60 Гц напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю.

Згідно з ПУЕ розділ 5.3.23. у пожежонебезпечних приміщеннях допускається застосовувати шинопроводи до 1 кВ з алюмінієвими шинами із ступенем захисту IP20 і вище при цьому в нормальних приміщеннях всі шини, у тому числі і шини відгалуження, повинні бути ізольовані. У шинопроводів зі ступенем захисту IP54 і вище шини допускається не ізолювати.

Вибір шинопроводів проводимо за таблицею 7.3. [2]

Умова вибору:

$$I_{доп.ШРА} \geq I_{сп\ р\Sigma}$$

$I_{доп.ШРА1}=I_{р.ел.сп.}+I_{рп}+I_{\Sigma р.осв}$ =0+205,11+23,5=228,61 А

365А>228,61 А

$I_{доп.ШРА2}=I_{р.ел.сп.}+I_{рп}+ I_{\Sigma р.ав.осв}$ =0+264,46+6,91=271,37 А

365 А>271,37 А

$Ip_{.ел.сп.}$ – розрахунковий струм усіх електроспоживачів, які відходять від шинопроводу;

$I_{рп}$ – розрахунковий струм розподільчих пунктів.

Отже, вибираємо шинопроводи 2хШРА-1 30×4 з допустимим струмом – 365 А.

Розподільчі шинопроводи до шин підстанції приєднуються кабелем або проводом, який підводить до ввідної коробки, що встановлюється в місці з'єднання двох секцій шинопроводу.

Вибір апаратури живлячої мережі

Вибір кабельної лінії від ШРА-1 30×4 до РП1 за каталогом продукції заводу «Південькабель».

Кабельна лінія від ШРА-1 30×4 до ПР11-7124А.

$$I_{\Sigma р}=110,71 \text{ А}$$

Приймаємо кабель АВВГнг з $S_{ном}=70$ мм^2 та $I_{доп}=149$ А

$$I_{доп}=149 \text{ А} \geq I\Sigma р=110,71 \text{ А}$$

Отже, приймаємо кабель АВВГнг -4×70 мм^2.

Вибір кабельної лінії від ШРА-1 30×4 до РП2 за каталогом продукції заводу «Південькабель».

Кабельна лінія від ШРА1 30×4 до ПР11-3098.

$$I_{\Sigma р}=94,40 \text{ А}$$

Приймаємо кабель АВВГнг з $S_{ном}=50$ мм^2 та $I_{доп}=117$ А

$$I_{доп}=117 \text{ А} \geq I\Sigma_{р}=94,40 \text{ А}$$

Отже, приймаємо кабель АВВГнг - 4×50 мм^2.

Вибір кабельної лінії від ШРА-2 30×4 до РП3 за каталогом продукції заводу «Південькабель».

Кабельна лінія від ШРА-2 30×4 до ПР11-7124А.

$$I_{\Sigma р}= 110,25 \text{ А}$$

Приймаємо кабель АВВГнг з $S_{ном}=70$ мм^2 та $I_{доп}=149$ А

$I_{доп}$=149 А ≥ IΣр=110,25 А

Отже, приймаємо кабель АВВГнг -4×70 мм^2.

Вибір кабельна лінія від ШРА-2 30×4 до РП4 за каталогом продукції заводу «Південькабель».

Кабельна лінія від ШРА-2 30×4 до ПР11-3122.

$I_{Σр}$=104 А

Приймаємо кабель АВВГнг з $S_{ном}$=70 мм^2 та $I_{доп}$=149 А

$I_{доп}$=149 А ≥ IΣр=104 А;

Отже, приймаємо кабель АВВГнг -4×70 мм^2.

Вибір кабельна лінія від ШРА-2 30×4 до РП5 за каталогом продукції заводу «Південькабель».

Кабельна лінія від ШРА-2 30×4 до ПР11-3098.

$I_{Σр}$=50,21А

Приймаємо кабель АВВГнг з $S_{ном}$=25 мм^2 та $I_{доп}$=80 А

$I_{доп}$=80 А ≥ IΣр=50,21А;

Отже, приймаємо кабель АВВГнг -4×25 мм^2.

Вибір автоматичних вимикачів

Вибір апаратів захисту від ШРА до електроприймачів. В установках напругою до 1 кВ широко застосовують автоматичні повітряні вимикачі, що випускаються в одно-двох і триполюсному виконанні, постійного і змінного струму.

Автоматичні вимикачі постачають пристроєм релейного захисту, яке в залежності від типу вимикача виконують в реле струмового відсічення,

максимального струмового захисту або двоступеневої струмового захисту. Для цього використовують електромагнітні та теплові реле.

Ці реле називають розчеплювачами.

Конструктивно автоматичні вимикачі набагато складніше запобіжників і являють собою поєднання вимикача і розчеплювача. Номінальним струмом автоматичного вимикача Іном.а називають найбільший струм, при протіканні якого вимикач може тривало працювати без ушкоджень. Номінальною напругою автоматичного вимикача $U_{ном.}$ а називають вказане в паспорті напруга, рівна напрузі електричної мережі, для роботи в якій цей вимикач призначений. Номінальним струмом розчеплювача Іном.рас називають зазначений у паспорті струм, тривалий перебіг якого не викликає спрацьовування розчеплювача. Струмом уставки розчеплювача називають найменший струм, при протіканні якого розчеплювач спрацьовує.

При виборі уставок струму спрацювання автоматичних вимикачів необхідно враховувати відмінності в характеристиках і похибки в роботі розчеплювачів вимикачів. Існують наступні вимоги до вибору автоматичних вимикачів:

- Номінальна напруга вимикача не повинно бути нижче напруги мережі;

- Відключаюча здатність повинна бути розрахована на максимальні струми КЗ, що проходять по елементу який захищається:

- Номінальний струм розчеплювача повинен бути не менше найбільшого розрахункового струму навантаження, елементу який захищається.

Умова вибору АВ:

$$U_{\text{ном}}^{\text{АВ}} \geq U_{\text{ном}}^{\text{мережі}}$$

$$I_{\text{ном розч}} \geq I_{\text{розр}}$$

$$I_{\text{ном}}^{\text{АВ}} \geq I_{\text{ном розч}}$$

$$I_{\text{спрац}} \geq 1{,}25 \cdot I_{\text{пік}}$$

$I_{\text{ном}}^{\text{АВ}}$ – номінальний струм АВ.

Вибір автоматичного вимикача від КТП до ШРА-1 згідно таблиці 3.8 [1]:

Дані автоматичного вимикача наведені в таблиці 7.1.4.

Таблиця 7.1.4

Паспорт	Умова вибору	Факт	Одиниці
380	$U^{А}_{ном} \geq U^{м}_{ном}$	380	В
500	$I^{розч}_{ном} \geq I_{роз\ шра1}$	228,61	А
630	$I^{ав}_{ном} \geq I^{розч}_{ном}$	500	А
4000	$I_{спр \geq 1,25 \cdot I_{пік}}$	1,25·529,87=662,33	А

Отже вибираємо автоматичних вимикача від КТП до ШРА-1 30×4 типу ВА 04-36 з $I_{ном}$=500 А.

Вибір автоматичного вимикача від КТП до ШРА-2 згідно таблиці [1]:

Дані автоматичного вимикача наведені в таблиці 7.1.5.

Таблиця 7.1.5

Паспорт	Умова вибору	Факт	Одиниці
380	$U^{А}_{ном} \geq U^{м}_{ном}$	380	В
500	$I^{розч}_{ном} \geq I_{р\ шра2}$	271,37	А
630	$I^{ав}_{ном} \geq I^{розч}_{ном}$	500	А
4000	$I_{спр \geq 1,25 \cdot I_{пік}}$	1,25·534,61=668,27	А

Отже вибираємо автоматичних вимикача від КТП до ШРА-2 30×4 типу ВА 04-36 з $I_{ном}$=500 А.

Секційний автоматичний вимикач вибираємо за струмом ШРА-2, так як струм на ШРА-2 більший за струм на ШРА-1, обираємо ВА 04-36 з $I_{ном}$=320 А.

Вибір магнітного пускача для вентиляторів

Дані магнітного пускача наведені в таблицях 7.1.6, 7.1.7.

$U^{мп}_{ном} \geq U_{мережі}$; $I^{мп}_{ном} \geq I^{вент}_{р}$; $К п \cdot I^{АВ}_{ном} \geq I_{р}$; $P_{підкл} \geq P_{ном\ 1вент}$

Таблиця 7.1.6

Магнітний пускач для приточного вентилятора		
Дані пускача	**Умова вибору**	**Розрахункові дані**
$U_{ном}^{мп}$ =380 В	≥	$U_{\text{ном}}$ =380 В
$I_{ном}^{мп}$ = 80 А	≥	$I_{\text{ном}}$ = 57,74 А
$P_{\text{підкл.}}$ =40 кВт	≥	$P_{\text{ном.вт.}}$ =32 кВт
ПМЛ4160ДМ		

Таблиця 7.1.7

Магнітний пускач для витяжного вентилятора		
Дані пускача	**Умова вибору**	**Розрахункові дані**
$U_{ном}^{мп}$ =380 В	≥	$U_{\text{ном}}$ =380 В
$I_{ном}^{мп}$ = 80 А	≥	$I_{\text{ном}}$ = 54,13 А
$P_{\text{підкл.}}$ =40 кВт	≥	$P_{\text{ном.вт.}}$ =30 кВт
ПМЛ4160ДМ		

Вибираємо магнітний пускач **ПМЛ4160ДМ** для приточного та витяжного вентилятора.

На кожний вентилятор встановлюємо комплектну станцію керування:

ХАСА2053 Вентилятори 32 та 30 кВт:

Від вентилятора 32 кВт до кнопки керування встановлюємо кабель типу:

АВВГ 4х25 з допустимим струмом 80 А .

Від вентилятора 30 кВт до кнопки керування встановлюємо кабель типу:

АВВГ 4х25 з допустимим струмом 80 А .

Вибір автоматичного вимикача до всіх електроспоживачів проводимо за таблицею 3.5 [1].

Для прикладу виберемо АВ в приєднанні круглошліфувального верстата.

Визначаємо номінальний струм:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot cos\varphi \cdot \eta} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}95} = 11{,}4 \text{ А}$$

Умови і вибір автоматичного вимикача наведені в таблиці 7.1.8.

Таблиця 7.1.8

Паспорт	Умова вибору	Факт	Одиниці
380	$U^{\text{А}}_{\text{ном}} \geq U^{\text{м}}_{\text{ном}}$	380	В
16	$I^{\text{розч}}_{\text{ном}} \geq I_{\text{ном}}$	11,4	А
100	$I^{\text{ав}}_{\text{ном}} \geq I^{\text{розч}}_{\text{ном}}$	16	А
1000	$I_{\text{спр}\geq 1{,}25 \cdot I_{\text{пік}}}$	1,25·56,97=71,21	А

Вибираємо ВА 88-33 з $I_{\text{ном}} = 16$ А .

Вибір автоматичного вимикача до інших електроприймачів наведено в табл.7.1.9.

Таблиця 7.1.9

Електроспоживачі								Автоматичні вимикачі		
№	Назва	n	Рном, кВт	Іном, А	cosф	η	Іпік, А	$I_{ном.розч}$, А	$I_{ном.АВ}$, А	Тип
1	Вентилятор приточний	1	32	60,77	0,8	0,95	303,87	63	100,00	ВА 88-33
2	Вентилятор витяжний	1	30	56,98	0,8	0,95	284,88	63	100,00	ВА 88-33
3,4	Круглошліфувальний верстат	2	6	11,40	0,8	0,95	70,12	16	100,00	ВА 88-33
5, 6	Вертикально-свердлильний верстат	2	4	7,60	0,8	0,95	46,75	10	100,00	ВА 88-33
7,8,9	Горизонтально-розточний верстат	3	25	47,48	0,8	0,95	292,18	50	100,00	ВА 88-33
10,11, 12	Зварювальний агрегат	3	30	56,98	0,8	0,95	455,80	63	100,00	ВА 88-33
13	Компресор	1	40	75,97	0,8	0,95	379,84	80	100,00	ВА 88-33
14	Електрична піч опору	1	45	85,46	0,8	0,95	85,46	100	100,00	ВА 88-33
15,16, 17	Стругальний верстат	3	18,5	35,13	0,8	0,95	216,21	40	100,00	ВА 88-33
18,19, 20,21	Поздовжньо-фрезерний верстат	4	33	62,67	0,8	0,95	385,68	63	100,00	ВА 88-33
22,23, 24,25	Поздовжньо-стругальний верстат	4	40	75,97	0,8	0,95	467,49	80	100,00	ВА 88-33
26,27	Токарно-револьверний верстат	2	12,5	23,74	0,8	0,95	146,09	25	100,00	ВА 88-33
28,29, 30	Зубофрезерний верстат	3	20	37,98	0,8	0,95	233,75	40	100,00	ВА 88-33
31	Кран мостовий	1	18	34,19	0,8	0,95	273,48	40	100,00	ВА 88-33

Вибір кабелю від розподільчих пунктів до електроспоживачів. Вибираємо за номінальним струмом розчеплювача.

Умови вибору провідників:

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{ном}}^{\text{розч}} \cdot \frac{K_{\text{з}}}{K_{\text{п}}}$$

,де $K_{\text{з}}$ – кратність струму для провідника відносно струму апарата захисту $K_{\text{з}} = 1$

$K_{\text{п}}$ – коефіцієнт прокладки $K_{\text{п}} = 1{,}0$

$$I_{\text{пр}} \leq I_{\text{пр}}^{\text{доп}}$$

Вибір провідників до електроспоживачів згідно таблиці 3.15 [2]

Технічні характеристик кабелю АВВГнгд наведено в табл. 7.1.10.

Таблиця 7.1.10

№	Найменування	Автоматичний вимикач				
		$I_{ном}^{розч}$	$I_{пр}^{доп}$ А	Кабель АВВГнгд		
				$I_{пр\ доп}$, А	S, мм^2	$d_{р.\ зов.}$, мм
1	Вентилятор приточний	63	63	80	4х25	30
2	Вентилятор витяжний	63	63	80	4х25	30
3,4	Круглошліфувальний верстат	16	16	26	4х4	17
5, 6	Вертикально-свердлильний верстат	10	10	26	4х4	17
7,8,9	Горизонтально-розточний верстат	50	50	62	4х16	23
10,11, 12	Зварювальний агрегат	63	63	80	4х25	30
13	Компресор	80	80	98	4х35	33
14	Електрична піч опору	100	100	117	4х50	36
15,16, 17	Стругальний верстат	40	40	46	4х10	20
18,19, 20,21	Поздовжньо-фрезерний верстат	63	63	80	4х25	30
22,23, 24,25	Поздовжньо-стругальний верстат	80	80	98	4х35	33
26,27	Токарно-револьверний верстат	25	25	34	4х6	18
28,29, 30	Зубофрезерний верстат	40	40	46	4х10	20
31	Кран мостовий	40	40	46	4х10	20

Вибір діаметру сталевих труб звичайного виконання

Діаметр розрахунковий внутрішній сталевих труб вибираємо за номограмою (рис. 14.1 [3]), а стандартні значення сталевої труби за табл. 3.34 [1].

Дані вибору сталевих труб представимо в таблиці 7.1.11.

Таблиця 7.1.11

Електроприймач		АВВГнгд		Сталева туба		
№ на плані	Назва	$d_{р.\ зов.}$, мм	$n_{шт}$	$d_в$, мм	$d_з$, мм	$d_у$, мм
1	Вентилятор приточний	30	1	35,9	42,3	32
2	Вентилятор витяжний	30	1	35,9	42,3	32
3,4	Круглошліфувальний верстат	17	1	21,2	26,8	20
5, 6	Вертикально-свердлильний верстат	17	1	21,2	26,8	20
7,8,9	Горизонтально-розточний верстат	23	1	27,1	33,5	25
10,11, 12	Зварювальний агрегат	30	1	35,9	42,3	32
13	Компресор	33	1	41	48	40
14	Електрична піч опору	36	1	41	48	40
15,16, 17	Стругальний верстат	20	1	27,1	33,5	25
18,19, 20,21	Поздовжньо-фрезерний верстат	30	1	35,9	42,3	32
22,23, 24,25	Поздовжньо-стругальний верстат	33	1	41	48	40
26,27	Токарно-револьверний верстат	18	1	27,1	33,5	25
28,29, 30	Зубофрезерний верстат	20	1	27,1	33,5	25
31	Кран мостовий	20	1	27,1	33,5	25

7.2. Розрахунок освітлювальних навантажень

Спроектувати електричне освітлення кожної кімнати ремонтно-механічного цеху заводу. Площа ділянки 1950 $м^2$ (А=65 м, В=30 м), висота Н=8 м (підлога з чавунних плит, бетонні стіни з вікнами, бетонна стеля).

Розрахунок електричного освітлення покажемо на прикладі приміщення «Склад». Площа ділянки 56 $м^2$ (А=8 м, В=7 м), висота Н=6 м, приймаємо систему загального освітлення для цього приміщення і робочих поверхонь. Нормативна освітленість Ен=300 лк (табл. 13.4 [1]), і не рекомендується ставити лампи розжарювання. Тому приймаємо люмінесцентну лампу ЛБ як найбільш економічна, а вимоги до високої кольоропередачі відсутні. Вибираємо світильник типу ПВЛМ з двома лампами потужністю 80 Вт.

Відстань від стелі до світильника приймаємо 2 м (hc=2 м), hp=0,8 м, тоді висота підвісу світильника над робочою поверхнею:

$$h = H - hp - hc = 6 - 0{,}8 - 2 = 3{,}2 \text{ м}$$

Світильник ПВЛМ має криву світлорозподілу типу Д; для нього можна прийняти L/h = 1,4, тоді L = h*1,4 =4,48 м. Приймаємо відстань між рядами світильників L =4 м. Відстань від крайнього ряду світильників до стін l приймаємо 0,3*L, тобто l =1,2 м, тоді кількість рядів визначається із залежності:

$$N_{\text{р}} = \frac{A - 2 \cdot l}{L} + 1 = \frac{8 - 2 \cdot 1{,}2}{4} + 1 = 2{,}4 \approx 2$$

Приймаємо число рядів 2, визначаємо l=1,2 м.

З характеристики конструкції будови приймаємо $p_п$=50%, $p_с$=30%, $p_р$=10%.

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8 \cdot 7}{3{,}2 \cdot (8 + 7)} = 1{,}167$$

З табл. 13.6 для світильників ПВЛМ при заданих коефіцієнтах відбиття визначаємо коефіцієнт використання $\eta_в$ = 0,48.

Визначаємо необхідний світловий потік одного ряду при $К_з$ = 1,8 і Z = 1,1

$$\Phi_{\text{ряд}} = \frac{\text{Е}_{\text{н}} \cdot \text{К}_{\text{з}} \cdot S \cdot Z}{N_{\text{р}} \cdot \eta_{\text{в}}} = \frac{300 \cdot 1{,}8 \cdot 56 \cdot 1{,}1}{2 \cdot 0{,}48} = 34650 \text{ лм.}$$

Беремо дві лампи ЛБ потужністю 80 Вт з розрахунковим потоком $\Phi_{\text{л}}$ = 5220 і визначаємо потрібне число світильників в одному ряду:

$$N = \frac{34650}{2 \cdot 5220} = 3{,}31 \approx 3$$

Загальна довжина ряду дорівнює (довжина світильника 1,57 м): 1,57*3= 4,71 м, що допустимо. Таким чином встановлюють 6 світильників ПВЛМ (2х80).

Розрахунки для інших приміщень зводимо до таблиці 7.2.1.

Таблиця 7.2.1

№	Найменування приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Загальна довжина ряду	Коефіцієнт використання, %	Загальна кількість ствільників	Тип світильника	Кількість рядів	Коефіцієнт запасу	Нормоване освітлення, лк
1	Склад	8	7	6	4,71	48	6	ПВЛМ	2	1,8	300
2	Побутова кімната	5	8	8	3,14	46	4	ПВЛМ	2	1,8	200
3	Ремонтно-механічний цех	65	30	8	26,69	48	44	ПВЛМ	3	1,8	300
4	КТП	6	9	8	3,14	46	2	ПВЛМ	1	1,8	100

Електричний розрахунок освітлювальної установки

Визначаємо розрахунковий струм одного світильника:

$$I_{\text{св1}} = \frac{P_{\text{св1}}}{U_{\text{л}} \cdot cos\varphi} = \frac{0{,}16}{0{,}22 \cdot 0{,}95} = 0{,}766 \text{ А}$$

Для прикладу знаходимо сумарний розрахунковий струм освітлення в приміщенні «склад»:

$$I_{\Sigma\text{осв.ск}} = \frac{n \cdot P_{\text{св1}}}{U_{\text{л}} \cdot cos\varphi} = \frac{6 \cdot 0{,}16}{0{,}22 \cdot 0{,}95} = 4{,}36 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичні вимикачі для відхідних ліній в ЩО:

Вибір струмів апаратів захисту з урахуванням пускових струмів джерел світла: співвідношення ніж тривалодопустимими струмовими навантаженнями провідників і струмами захисних апаратів в силових і освітлювальних мережах повинні бути не менше зазначених у главі.

При захисті автоматами, які мають тепловий та комбінований розчіплювач струм КЗ повинен бути не менше струму уставки помноженого на коефіцієнт 1,4 для автоматичних вимикачів до 100 А і на 1,25 для інших автоматичних вимикачів.

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1{,}4 I_{\Sigma\text{осв.ск}}$$

$$10 \text{ А} > 1{,}4 \cdot 4{,}36 = 6{,}11 \text{ А}$$

Отже, приймаємо до встановлення однофазні автоматичні вимикачі ВА 47-29.

Вибір автоматичного вимикача для інших приміщення проводимо аналогічно і заносимо до таблиці 7.2.2.

Таблиця 7.2.2

№ щитка	Найменування приміщення	$1,4I_{\Sigma осв.}$	Тип автоматичного вимикача	Номінальне значення		Число полюсів	Розчеплювач	Номінальний струм розчеплювача
				Напруга, В	Струм, А			
ЩО	Склад	6,11	ВА47-29	220	63	1	комбінований	10
ЩО	Побутова кімната	4,07	ВА47-29	220	63	1	комбінований	6
ЩО	Ремонтно-механічний цех	44,8	ВА47-29	220	63	1	комбінований	50
ЩО	КТП	2,03	ВА47-29	220	63	1	комбінований	6

Вибираємо ввідний автоматичний вимикач в ЩО:

Знаходимо сумарний струм освітлення всіх приміщень:

$$I_{\Sigma р.осв} = I_{\Sigma осв.ск} + I_{\Sigma осв.пк} + I_{\Sigma осв.ц} + I_{\Sigma осв.тп} = 4,36 + 2,9 + 32 + 1,4 = 40,72 \text{ А}$$

Знаходимо струм який задовольняє умови вибору автоматичного вимикача:

$$I_{ном.розч.} \geq 1,4 I_{\Sigma осв.ск}$$

$$63 \text{ А} > 1,4 \cdot 40,72 = 57,01 \text{ А}$$

Отже, ввідний автоматичний вимикач в ЩО вибираємо ВА47-29, 2р, $I_{ном.розч.} = 63\text{А}$.

Вибираємо щиток освітлення (ЩО):

Щитки освітлювальні типів ОП, ОЩ, ОЩВ (настінні) призначені для розподілу електроенергії, а також для захисту від перевантажень і струмів короткого замикання в освітлювальних групових лініях, в мережах з заземленою нейтраллю напругою до 380 В. Ступінь захисту IP20.

Щитки освітлювальні групові одностороннього обслуговування уніфіковані типу ЯОУ призначені для розподілу електроенергії, захисту від перевантажень і струмів короткого замикання освітлювальних мереж змінного струму напругою 380/220 В. Щитки комплектуються ввідними пакетними вимикачами на номінальний струм 80 і 100 А або ввідними шинами, а на лініях, що відходять - автоматичними вимикачами на номінальний струм 25А і 63А. Кліматичне виконання У, Т, УХЛ.

Дані щитка наведені в табл. 7.2.3.

Таблиця 7.2.3

Тип щитка	Число однофазних приєднань	Ввідний авт.вимикач	Апарат на фідерах	Розміри ЩО		
				довжина	ширина	висота
ЩО-9В	9	ВА47-29, 2р,	ВА47-29, 1р,	265	200	95

Вибираємо кабель від ШРА-1 30×4 до ЩО:

Для живлення освітлювальної установки вибираємо кабель з алюмінієвими жилами типу АВВГнгд (табл.. 3.21[1]):

Умови вибору кабеля:

Вибираємо кабель типу АВВГнгд 2х25 мм^2

Перевіряємо вибраний кабель на відповідність допустимому струму:

$$I_{доп.} \geq I_{розч.}$$

$$87А>63А$$

на відповідність апарату захисту:

$$I_{доп.} \geq 0,22 \cdot I_{розч.}$$

$$87А>0,22 \cdot 63=13,86\ А$$

Отже, обираємо кабель АВВГнгд 2х25 мм^2 з $I_{доп}$=87А.

Вибираємо провідники від ЩО до світильників:

Вибираємо провідник від ЩО до освітлювальних установок по головному приміщенню ремонтно-механічного цеху:

$I_{\Sigma осв.ц} = 32$ А – сумарний струм всіх світильників виробничого приміщення цеху.

Переріз провідників вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1:

$$I_{пров.} \geq 1{,}1 \cdot I_{\Sigma осв.}$$

Обираємо кабель типу АВВГнгд 2х10 мм^2 з $I_{доп}$=50А.

$$I_{пров.} \geq 1{,}1 \cdot I_{\Sigma осв.ц}$$

$$50 \text{ А} > 1{,}1 \cdot 32 = 35{,}2 \text{ А}$$

Перевіряємо вибраний кабель на відповідність допустимому струму:

$$I_{доп.} \geq I_{розч.}$$

$$50 \text{ А} = 50 \text{ А}$$

Отже приймаємо кабель типу АВВГнгд 2х10 мм^2 з $I_{доп}$ =50А.

Провідники прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 2 м.

Для інших приміщень проводимо аналогічні розрахунки за зводимо їх у таблицю 7.2.4.

Таблиця 7.2.4

№ Щитка	Приміщення	ΙΣосв., А	Іном. розч, А	ΙΣосв. *1,1, А	Кабель	Uном, В	Ідоп, А
ЩО	Склад	4,36	10	4,80	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00
ЩО	Побутова кімната	2,9	6	3,19	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00
ЩО	Ремонтно-механічний цех	32	50	35,20	АВВГнгд 2х10	220	50,00
ЩО	КТП	1,4	6	1,54	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00

Аварійне освітлення.

Аварійне освітлення служить для безпечної евакуації людей з приміщень при аварійному зникненні робочого освітлення. Евакуаційне освітлення повинно забезпечувати освітленість основних проходів не менше 0,5 лк.

Світильники аварійного та евакуаційного освітлення приєднуються окремими лініями до незалежного джерела живлення, при раптовому відключенні робочого освітлення. Крім того, вони повинні відрізняться від світильників робочого освітлення розміром або спеціальними знаками.

Для аварійного та евакуаційного освітлення дозволяється використовувати люмінесцентні лампи і лампи розжарювання. При нормальному режимі вони не беруть участь у створенні нормованої освітленості приміщення і робочої поверхні.

Кількість світильників аварійного освітлення розраховувалось за допомогою програмного забезпечення DIALux , обрані світильники типу ЛДОР, потужність одного світильника становить 120 Вт.

Заносимо дані в таблицю 7.2.5

Таблиця 7.2.5

№	Найменування приміщення	Довжина, м	Ширина, м	Висота, м	Загальна довжина ряду	Коефіцієнт використання, %	Загальна кількість ствільників	Тип світильника	Кількість рядів	Коефіцієнт запасу
1	Склад	8	7	6	4,71	48	2	ЛДОР	2	1,8
2	Побутова кімната	5	8	8	3,14	46	2	ЛДОР	2	1,8
3	Ремонтно-механічний цех	65	30	8	26,69	48	16	ЛДОР	3	1,8
4	КТП	6	9	8	3,14	46	1	ЛДОР	1	1,8

Визначаємо розрахунковий струм одного світильника:

$$I_{\text{ав.св1}} = \frac{P_{\text{св1}}}{U_{\text{л}} \cdot cos\varphi} = \frac{0{,}12}{0{,}22 \cdot 0{,}91} = 0{,}599 \text{ А}$$

На прикладі приміщення «Склад» знаходимо сумарний розрахунковий струм:

$$I_{\Sigma\text{ав.осв.ск}} = \frac{n \cdot P_{\text{св1}}}{U_{\text{л}} \cdot cos\varphi} = \frac{2 \cdot 0{,}12}{0{,}22 \cdot 0{,}91} = 1{,}2 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичні вимикачі для відхідних ліній в ЩАО:

При захисті автоматичними вимикачами, які мають тепловий та комбінований розчіплювач струм КЗ повинен бути не менше струму уставки помноженого на коефіцієнт 1,4 для автоматичних вимикачів до 100 А і на 1,25 для інших автоматичних вимикачів.

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1{,}4 I_{\Sigma\text{ав.осв.ск}}$$

$$3 \text{ А} > 1{,}4 \cdot 1{,}2 = 1{,}68 \text{ А}$$

Отже, приймаємо до встановлення однофазні автоматичні вимикачі ВА 47-29.

Вибір автоматичного вимикача для інших приміщення проводимо аналогічно і заносимо до таблиці 7.2.6

Таблиця 7.2.6

№ щитка	Найменування приміщення	$1{,}4I_{\Sigma\text{осв.}}$	Тип автоматичного вимикача	Номінальне значення		Число полюсів	Розчеплювач	Номінальний струм розчеплювача
				Напруга, В	Струм, А			
ЩАО	Склад	1,68	ВА47-29	220	16	1	комбінований	3
ЩАО	Побутова кімната	1,68	ВА47-29	220	16	1	комбінований	3
ЩАО	Ремонтно-механічний цех	12,58	ВА47-29	220	100	1	комбінований	16
ЩАО	КТП	0,839	ВА47-29	220	16	1	комбінований	3

Вибираємо щиток аварійного освітлення та ввідний автоматичний вимикач:

Знаходимо сумарний струм аварійного освітлення всіх приміщень:

$$I_{\Sigma\text{р.ав.осв}} = I_{\Sigma\text{ав.осв.ск}} + I_{\Sigma\text{ав.осв.пк}} + I_{\Sigma\text{ав.осв.ц}} + I_{\Sigma\text{ав.осв.тп}}$$
$$= 1{,}19 + 1{,}19 + 8{,}99 + 0{,}59 = 11{,}98\ \text{А}$$

Знаходимо струм який задовольняє умови вибору автоматичного вимикача:

$$I_{\text{ном.розч.}} \geq 1{,}4 I_{\Sigma\text{ав.осв}}$$

$$20\ \text{А} > 1{,}4 \cdot 11{,}98 = 16{,}78\ \text{А}$$

Отже, ввідний автоматичний вимикач в ЩАО вибираємо ВА47-29, 2р, $I_{\text{ном.розч.}} = 20\text{А}$.

Дані заносимо до таблиці 7.2.7 Таблиця 7.2.7

Тип щитка	Число однофазних приєднань	Ввідний авт.вимикач	Апарат на фідерах	Розміри ЩАО		
				довжина	ширина	висота
ЩО-6Н	6	ВА47-29, 2р,	ВА47-29, 1р,	210	200	95

Вибираємо кабель від ШРА-2 30×4 до ЩАО:

Для живлення аварійних освітлювальних установок вибираємо кабель з алюмінієвими жилами типу АВВГ (табл.. 3.21[1]):

Умови вибору кабеля:

Вибираємо кабель типу АВВГнгд 2х4 мм^2

Перевіряємо вибраний кабель на відповідність допустимому струму:

$$I_{\text{доп.}} \geq I_{\text{розч.}}$$
$$29\text{А} > 20\text{А}$$

на відповідність апарату захисту:

$$I_{\text{доп.}} \geq 0{,}22 \cdot I_{\text{розч.}}$$
$$29\text{А} > 0{,}22 \cdot 20 = 4{,}4\ \text{А}$$

Отже, обираємо кабель АВВГнгд 2х4 мм^2 з $I_{\text{доп}}$=29А.

Вибираємо провідники від ЩАО до світильників:

Вибираємо провідник від ЩО до освітлювальних установок по головному приміщенню ремонтно-механічного цеху:

$I_{\Sigma ав.осв.ц} = 8{,}99$ А – сумарний струм всіх світильників виробничого приміщення цеху.

Переріз провідників вибираємо з урахуванням міцності і допустимого перегріву, враховуючи коефіцієнт 1,1:

$$I_{пров.} \geq 1{,}1 \cdot I_{\Sigma осв.}$$

Обираємо кабель типу АВВГнгд 2х2,5 мм^2 з $I_{доп}$=21А.

$$I_{пров.} \geq 1{,}1 \cdot I_{\Sigma осв.ц}$$

$$21 \text{ А} > 1{,}1 \cdot 8{,}99 = 9.88 \text{ А}$$

Перевіряємо вибраний кабель на відповідність допустимому струму:

$$I_{доп.} \geq I_{розч.}$$

$$21 \text{ А} = 9{,}88 \text{ А}$$

Отже приймаємо кабель типу АВВГнгд 2х2,5 мм^2 з $I_{доп}$ =21А.

Провідники прокладаємо на підвісних лотках, які кріпимо до стелі на відстані 1,5 м.

Для інших приміщень проводимо аналогічні розрахунки та зводимо їх у таблицю 7.2.8.

Таблиця 7.2.8

№ Щитка	Приміщення	ΙΣосв., А	Іном. розч, А	ΙΣосв. *1,1, А	Кабель	Uном, В	Ідоп, А
ЩАО	Склад	1,19	3	1,16	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00
ЩАО	Побутова кімната	1,19	3	1,16	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00
ЩАО	Ремонтно-механічний цех	8,99	16	12,58	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00
ЩАО	КТП	0,599	3	0,84	АВВГнгд 2х2,5	220	21,00

8. Облік та вимірювання режимних параметрів системи електропостачання

8.1. Обгрунтування систем комерційного та технічного обліку і контролю електроспоживання.

Робота енергетичної галузі висуває підвищені вимоги до систем обліку електроенергії: рівня їх автоматизованості, точності, надійності. Основна мета удосконалення системи обліку це створення можливості отримання достовірного балансу виробництва, передачі та споживання електричної енергії як на окремому промисловому підприємстві, так і в державі в цілому. На сьогодні статті балансу складаються на основі даних, отриманих з допомогою індукційних лічильників енергії, встановлених на підстанціях споживачів. Такий баланс суттєво спотворений внаслідок похибок вимірювання приладів обліку на різних рівнях системи електропостачання. А найбільшу похибку вносить несинхронність зняття показаників з лічильників. Підвищення точності вимірювань системи обліку електроенергії можна досягти тільки шляхом пропорційного підвищення точності вимірювань на всіх рівнях системи.

Оскільки вартість електричної енергії залежить від затрат на її виробництво і передачу, моменту попиту (пори року, днів тижня і години доби), величини заявленої потужності та часу споживання потужності, то собівартість її є різною для кожної пори року.

Перехід до тарифів реального часу дозволяє вийти на дійсну ціну електричної енергії та оптимізувати виробництво, постачання і споживання електричної енергії.

Це можливо лише при вдосконаленні системи обліку. Ефективність застосування тарифів реального часу значною мірою залежить від дотримання

певних умов. Повинна діяти система комерційного обліку і контролю споживання електричної енергії, що функціонує в реальному масштабі часу Необхідно автоматизувати взаєморозрахунки між учасниками енергоринку. Основними показниками, що характеризують ефективність інформаційно-вимірювальної техніки в системі обліку є точність подання вимірювальної інформації та її достовірність. На додаток до класичного підходу і відповідно до об'єкта, що розглядається, процес отримання достовірної інформації повинен бути автоматизований, щоб забезпечити одночасність надання вимірювальної інформації, яка суттєво впливає на результат вимірювання. Зазначені показники визначаються в системі обліку електроенергії принципами організації вимірювань, якістю системи обліку та зв'язку. Однією із цілей вдосконалення системи обліку електроенергії слід вважати створення умов для забезпечення більш достовірного балансу виробництва, передачі, розподілу та споживання електричної потужності або енергії в межах держави. На сьогодні статті зазначеного балансу, що складається на основі даних обліку електроенергії, суттєво викривлені через різні похибки вимірювання приладів обліку, що встановлені на різних рівнях системи електропостачання в результаті несинхронності зчитування інформації з лічильників. Ці обставини, в свою чергу, викликають необхідність відносити всі небаланси, що виникають, до втрат електроенергії, що не дозволяє об'єктивно оцінювати рівень технічних втрат в мережах. На даному етапі розвитку техніки для вирішення питання з обліку електроенергії є можливість застосувати систему автоматичного контролю електроспоживання.

8.2. Вибір комплексних систем обліку та контролю електроспоживання, багатофункціональних електронних лічильників і т.д.

Автоматизована система контролю та управління електроспоживанням

Дворівнева автоматизована система контролю та управління електроспоживанням (АСКОЕ) побудована на базі використання інтелектуального багатофункціонального мікропроцесорного лічильника

електроенергії, сучасної техніки передачі інформації, а також нових розробок програмного забезпечення. На нижньому рівні лічильники об'єднані в інформаційну мережу. На підстанціях підприємства встановлено лічильники та апаратура збирання і первинної обробки виміряних даних. За допомогою програмного забезпечення відбувається обробка інформації та передача її в службу АСО чи на диспетчерський пункт у відділі головного енергетика. Основним елементом такої дворівневої АСКОЕ є електронний мікро-процесорний лічильник електричної енергії класу точності - 0,2S.. ,0,5S. Високоточні лічильники вимірюють активну та реактивну енергію в обох напрямах, реєструють, запам'ятовують та відображають виміряні величини, статичну інформацію, повідомлення тестової самодіагностики і проводять тарифікацію. Обробка миттєвих значень струмів та напруг здійснюється за алгоритмами, які забезпечують практичну незалежність точності вимірювань від випадкових перешкод.

Вибір трансформаторів струму

В приєднанні НН

Вибираємо трансформатор струму типу TOPN-0,66, 600/5 згідно сайту https://elektros.com.ua:

$$I_{НОМ} = 600\ А > I_{МАХ} = \frac{1,4*250}{\sqrt{3}*0,4} = 505,18\ А$$

$$U_М = 0,66\ кВ > U_Н = 0,4\ кВ;$$

$$K_Т = 0,5;\ Z_{2НОМ} = 2\ Ом;\ I_2 = 5\ А.$$

Дані приладів зводимо у табл. 8.1.

Прилад	Тип приладу	А, В·А	В, В·А	С, В·А
А	Э351	0,5	-	-
Wh	GAMA 300 G3B.147.240.F47.B2.P4 .C311.A3.L1	1,0	1,0	1,0
Varh		2,0	2,0	2,0
Разом		3,5	3	3

Вибираємо трансформатор струму на ШРА1 типу TOPN-0,66, 300/5 згідно сайту https://elektros.com.ua:

$$I_{НОМ} = 300 \text{ А} > I_{МАХ} = 228{,}61 \text{ А};$$

$$U_М = 0{,}66 \text{ кВ} > U_Н = 0{,}4 \text{ кВ};$$

$$K_Т = 0{,}5;\ Z_{2НОМ} = 2 \text{ Ом};\ I_2 = 5 \text{ А}.$$

Дані приладів зводимо у табл. 8.2. Таблиця 8.

Прилад	Тип приладу	А, В·А	В, В·А	С, В·А
А	Э351	0,5	-	-
Wh	GAMA 300 G3B.147.240.F47. B2.P4.C311.A3.L1	1,0	1,0	1,0
Varh		2,0	2,0	2,0
Разом		3,5	3	3

Вибираємо трансформатор струму на ШРА2 типу TOPN-0,66, 300/5 згідно сайту https://elektros.com.ua:

$$I_{НОМ} = 300 \text{ А} > I_{МАХ} = 271{,}37 \text{ А};$$

$$U_М = 0{,}66 \text{ кВ} > U_Н = 0{,}4 \text{ кВ};$$

$$K_Т = 0{,}5;\ Z_{2НОМ} = 2 \text{ Ом};\ I_2 = 5 \text{ А}.$$

Дані приладів зводимо у табл. 8.3.

Таблиця 8.3

Прилад	Тип приладу	А, В·А	В, В·А	С, В·А
А	Э351	0,5	-	-
Wh	GAMA 300 G3B.147.240.F47. B2.P4.C311.A3.L1	1,0	1,0	1,0
Varh		2,0	2,0	2,0
Разом		3,5	3	3

9. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір високовольтного обладнання

9.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Для розрахунків струму короткого замикання в мережі 0,4 кВ накреслимо загальну схему мережі.

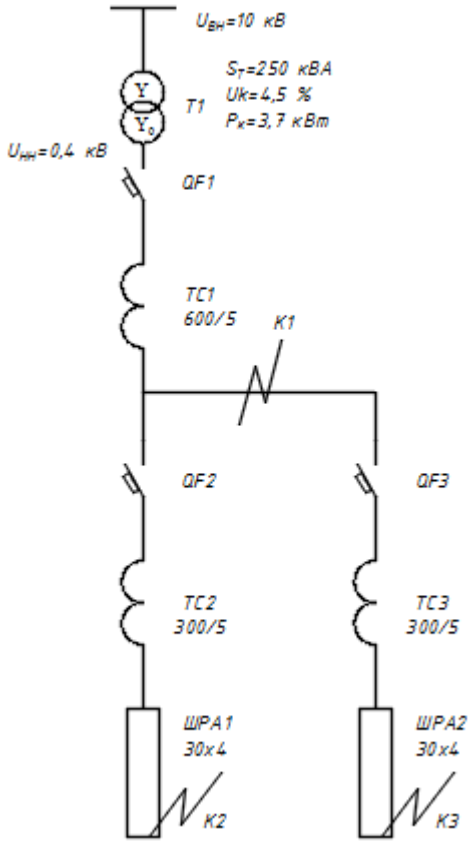


Рис. 9.1 Схема до розрахунків струмів короткого замикання в мережі 0,4 кВ.

Накреслимо схему заміщення до схеми наведеної на рисунку 9.1.

					ДП 2022 141		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ріпа М. Ю.			Розрахунок струмів КЗ	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А					
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-3	
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М					

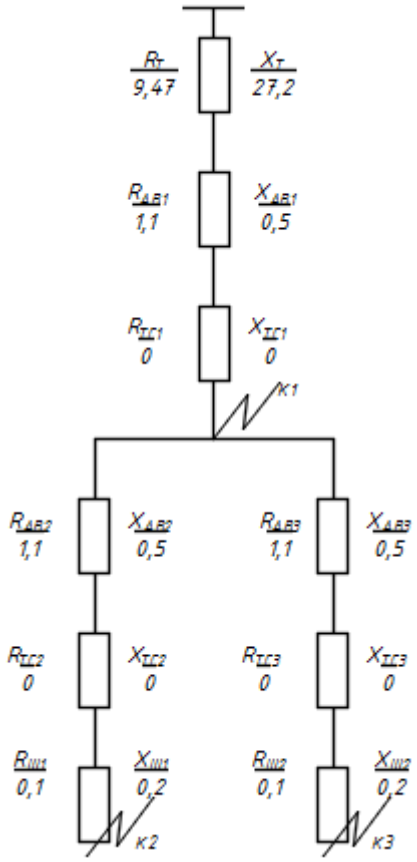


Рис. 9.2 Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ в цеховій мережі 0,4 кВ.

Приведемо опір системи електропостачання вищої напруги до напруги 0,4 кВ: Хс=0

Визначаємо опори цехового трансформатора :

$$r_т = \frac{\Delta P_к * U^2_{ном}}{S^2_{ном}} = \frac{3{,}7 \cdot 0.4^2}{250^2} \cdot 10^6 = 9{,}47$$

$$x_т = \sqrt{\left(\frac{U_к}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_к}{S_{ном}}\right)^2} \cdot \frac{U^2_H}{S_{ном}} \cdot 10^6 = \sqrt{\left(\frac{4{,}5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3{,}7}{250}\right)^2} \cdot \frac{0.4^2}{250} \cdot 10^6$$

$$= 27{,}2 \text{ мОм}$$

Опір автоматичного вимикача складається з опору розчіплювача і опору перехідного контакту.Хтс

$$R_{АВ} = 1{,}1 \text{ мОм}$$

$$X_{АВ} = 0{,}5 \text{ мОм}$$

Сумарний опір до КЗ в точці К1

$$r_к = r_т + r_{АВ} + r_{ТС} + r_{К.З} = 9{,}47 + 1{,}1 + 0 + 20 = 30{,}57 \text{ мОм}$$

$$x_к = x_{АВ} + x_Т + x_{ТС} = 0{,}5 + 27{,}2 + 0 = 27{,}7 \text{ мОм}$$

$$Z_к = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} = \sqrt{30{,}57^2 + 27{,}7^2} = 41{,}25 \text{ м}Ом$$

Точка К1

Трифазний струм кз

$$I_k^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_k} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 41{,}25} = 5{,}6 \text{ кА}$$

Ударний струм кз

$$T_а = \frac{x_к}{\omega \cdot R_k} = \frac{27{,}7}{1{,}41 \cdot 3{,}7} = 5{,}31 \text{ с}$$

$$К_у = 1 + e^{\frac{0{,}01}{T_а}} = 1 + e^{\frac{0{,}01}{5{,}31}} = 2{,}002$$

$$i_у = \sqrt{2} \cdot К_у \cdot I_k^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 2{,}002 \cdot 5{,}6 = 15{,}85 \text{ кА}$$

Струм однофазного кз визначається за приблизною формулою

$$I_k^{(1)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot \left(Z_п + \frac{Z_т^{(1)}}{3}\right)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (55{,}9 + 250)} = 0{,}755 \text{ к}A$$

Для трансформатора потужністю 250 кВА з масляним охолодженням і схемою з'єднання обмоток Y / Y_0, приймаємо $\frac{Z_т^{(1)}}{3} = 250$.

$Z_п$- повний опір петлі фаза-нуль.

$$r_п = r_{АВ} + r_{ТС} + r_Т = 1{,}1 + 0 + 9{,}47 = 10{,}57 \text{ мОм}$$

$$x_п = x_{АВ} + 2x_{ТС} + 2x_Т = 0{,}5 + 0 + 2 \cdot 27{,}2 = 54{,}9 \text{ мОм}$$

$$Z_п = \sqrt{r_п^2 + x_п^2} = \sqrt{10{,}57^2 + 54{,}9^2} = 55{,}9 \text{ м}Ом$$

Точка К2= К3

$$r_{к2} = r_т + r_{АВ} + r_{ТС} + r_{АВ} + r_{ТС} + r_Ш + r_{кз} = 9{,}47 + 1{,}1 + 0 + 1{,}1 + 0 + 0{,}1 + 5 = 16{,}77 \text{ мОм}$$

$$x_{к2} = x_{АВ} + x_{Т} + x_{ТС} + x_{АВ} + x_{ТС} + x_{Ш} = 0,5 + 27,2 + 0 + 0,5 + 0 + 0,2 = 28,4 \text{ мОм}$$

$$Z_{к2} = \sqrt{r_k^2 + x_k^2} = \sqrt{16,77^2 + 29^2} = 32,98 \text{ мОм}$$

Загальний опір

$$Z_{заг} = \sqrt{(r_к + r_{к2})^2 + (x_к + x_{к2})^2} = \sqrt{(30,57 + 16,77)^2 + (27,7 + 28,4)^2} = 73,4 \text{ мОм}$$

Трифазний струм КЗ в точці К2=К3:

$$I_k^{(3)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{заг}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 73,4} = 3,14 \text{ к}A$$

Ударний струм кз

$$T_a = \frac{x_{к2}}{\omega \cdot P_k} = \frac{28,4}{1,41 \cdot 3,7} = 5,44 \text{ с}$$

$$К_у = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{5,44}} = 1,99$$

$$i_у = \sqrt{2} \cdot К_у \cdot I_k^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,99 \cdot 3,14 = 8,83 \text{ кА}$$

Струм однофазного кз визначається за приблизною формулою

$$I_k^{(1)} = \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot \left(Z_п + \frac{Z_т^{(1)}}{3}\right)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot (56,83 + 250)} = 0,753 \text{ к}A$$

Для трансформатора потужністю 250 кВА з масляним охолодженням і схемою з'єднання обмоток Y / Y_0, приймаємо $\frac{Z_т^{(1)}}{3} = 250$.

$Z_п$- повний опір петлі фаза-нуль.

$$r_п = r_Ш + r_{ТС} + r_{АВ} + r_{ТС} + r_{АВ} + r_Т = 0,1 + 0 + 1,1 + 0 + 1,1 + 9,47 = 11,77 \text{ мОм}$$

$$x_п = x_Ш + 2x_{ТС} + x_{АВ} + 2x_{ТС} + x_{АВ} + 2x_Т = 0,2 + 2 * 0 + 0,5 + 2 * 0 + 0,5 + 2 \cdot 27,2 = 55,6 \text{ мОм}$$

$$Z_{\text{п}} = \sqrt{r_{\text{п}}^2 + x_{\text{п}}^2} = \sqrt{11{,}77^2 + 55{,}6^2} = 56{,}83 \text{ м}O\text{м}$$

Струми в точках покажемо в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1.

точка	$r_{\text{к}}$, мОм	$x_{\text{к}}$, мОм	$Z_{\text{к}}$, мОм	$I_k^{(3)}$, кА	$i_{\text{у}}$,кА	$I_k^{(1)}$,кА
К1	30,57	27,7	41,25	5,6	15,85	0,755
К2=К3	47,34	56,1	73,4	3,14	8,83	0,753

10. Релейний захист та автоматика (РЗА)

Загальні вимоги до релейного захисту в мережах 10/0,4 кВ

До релейного захисту висувають наступні вимоги:

- **Надійність** – безвідмовна робота у випадку від нормального режиму.
- **Селективність (вибірковість)** – відключення тільки тієї мінімальної частини або елемента установки, що викликала порушення режиму;
- **Чутливість** – швидка реакція на визначені, заздалегідь задані відхилення від нормальних режимів, іноді самі незначні;

Надійність захисту забезпечується як правильним вибором схеми й апаратів, так і правильною експлуатацією, що передбачає періодичні профілактичні перевірки й іспити.

По своєму призначенню реле розділяють на реле керування і реле захисту. Реле керування звичайно включають безпосередньо в електричні ланцюги і спрацьовують вони при відхиленнях від технологічного процесу або змінам у роботі механізмів. Реле захисту включають в електричні ланцюги через вимірювальні трансформатори і тільки іноді безпосередньо. Вони спрацьовують при неформальних чи аварійних режимах роботи установки.

Для живлення релейного захисту та автоматики, управління вимикачами, аварійної і попереджувальної сигналізації вибираємо в якості джерела живлення постійний струм на номінальну напругу 220 В. для забезпечення надійного живлення оперативним струмом відповідних пристроїв мережа ділиться на різні ділянки, для того щоб пошкодження на одному з них не

порушувало роботу інших категорій. Найбільш відповідальними із споживачів є ланцюги оперативного струму релейного захисту, автоматики та управління вимикачами.

При виборі типів релейного захисту (РЗ) слід керуватися тим, що пристрої РЗ мають забезпечувати автоматичне вимикання елемента, що захищається, на випадок його пошкодження, яке становить безпосередню безпеку для нього чи для всієї установки, а також у разі виникнення умов, що загрожують пошкодженням (різке зниження рівня масла у трансформаторі) або порушення нормального режиму роботи електроустановки.

Необхідна швидкість спрацювання реле визначається проектом у залежності від характеру технологічного процесу. Іноді для зведення до мінімуму збитку від виниклих ушкоджень релейний захист повинний забезпечувати повне відключення протягом сотих часток секунди.

Якщо порушення нормального режиму роботи чи пошкодження не являють безпосередню безпеку для електроустановки, то пристрої релейного захисту мають забезпечувати сигналізацію, яка вказує на виникнення цих режимів.

При виборі джерел оперативного струму слід враховувати що постійний оперативний струм від акумуляторних батарей використовується на потужних підстанціях при наявності масляних вимикачів великої потужності, а також тоді, коли акумуляторні батареї необхідні крім живлення кіл оперативного струму для інших потреб (наприклад, на заводських ТЕЦ і т. ін.).

Частіше використовується змінний оперативний струм. Як джерела змінного оперативного струму використовуються вимірювальні трансформатори струму, напруги та власних потреб. Трансформатори струму можуть бути надійними джерелами живлення захистів тільки від коротких замикань, що супроводжуються значними струмами пошкодження та непридатні для живлення оперативних кіл у робочих режимах, також

однофазних замиканнях на землю. Трансформатори напруги та власних потреб, навпаки, непридатні для живлення захистів при коротких замиканнях і можуть застосовуватися для керування у нормальних режимах, в також для захисту від пошкоджень, що не супроводжуються значними зниженнями напруги перевантаження, виткові замикання трансформатора, зниження рівня масла. Для живлення кіл захисту уразі відсутності як напруги, такі струму у силових колах (наприклад АПВ) використовують схеми з попередньо зарядженими конденсаторами. Зарядка конденсаторів здійснюється через зарядний пристрій від трансформаторів напруги чи власник потреб. Ці пристрої придатні для вимикання вимикачів практично а будь-якими приводами. Основним недоліком їх є імпульсність дії що обумовлює неможливість їх застосування для живлення елементів, які працюють зі значним уповільненням. В основному вони використовуються для вимкнення вимикачів і віддільників .

Як джерело випрямного оперативного струму використовуються випрямляючі блоки живлення, що являють собою пристрої, які підключають до трансформаторів струму, напруги чи власних потреб. Вони випрямляють струм і забезпечують постійну напругу, що використовується для живлення оперативних кіл. Бувають випрямлячі блоки живлення струму, напруги та комбіновані. Джерела випрямленого змінного струму можуть використовуватися для живлення захистів, що реагують на будь-які види пошкоджень і ненормальні режими роботи. Недоліками таких блоків є недостатня потужність для живлення котушок вмикання електромагнітних приводів і одночасного вимкнення кількох вимикачів а також неможливість їх використання при вимкненні джерела живлення.

При виборі схеми релейного захисту треба керуватися типовим схемними рішеннями. Проте слід пам’ятати про особливості конкретного РЗ, що накладаються використовуваною комутаційною апаратурою, фактичне

джерело оперативного струму, віддаленість підстанції від джерела живлення тощо.

Витримка часу максимального струмового захисту вибирається з умови узгодження із захистом попередньої дільниці. При узгодженні із захистом, що має незалежну витримку часу, ступінь часу обирається 0,35...0,6 с при узгодженні із захистом, що має залежну характеристику, - 0,6 ...1 с. При узгоджені зі швидкодіючим захистом ступінь часу обирається 0,35...0,4 с.

Методика вибору струмів спрацьовування захистів визначається типом захистів і вимогами, що ставляться до її чутливості й надійності. Наприклад, для спрацювання вибирається з умов відстроювання від кидків струму намагнічування при вмиканні трансформатора й небалансу за зовнішніх коротких замикань. Струм спрацьовування максимального струмового захисту відстроюється від максимальних струмів навантаження.

Загальні принципи побудови диференційного струмового захисту силових трансформаторів.

Поздовжній диференційний струмовий захист - основний швидкодіючий захист трансформаторів з обмоткою ВН 3 кВ та вище.

Згідно з правилами влаштування електроустановок рекомендується використовувати диференційний захист на поодиноко працюючих трансформаторах потужністю $S_{ном} \geq 6{,}3\ МВ \cdot А$ і на трансформаторах потужністю $S_{ном} \geq 4\ МВ \cdot А$, що працюють паралельно, Диференційний захист встановлюється також на трансформаторах потужністю $S_{ном} = 1...4\ МВ \cdot А$. у випадку, якщо більш простий захист (струмова відсічка, максимальний струмовий захист) не задовольняє умовам чутливості або має більшу витримку часу (понад 0,5 с).

Розглянемо більш докладно релейний захист і автоматику знижувального трансформатора. Знижувальний трансформатор повинен мати максимальний

струмовий захист від надструмів, узгоджений за струмом і часом з наступними елементами схеми.

Окрім максимального струмового захисту від надструмів силовий трансформатор, залежно від потужності повинен мати газовий захист, що забезпечує його вмикання при пошкодженні на стороні вищої напруги. Якщо на підстанції передбачене чергування персоналу чи передача попереджувальних і аварійних сигналів на який-небудь черговий пункт, то встановлюють захист трансформатора від перевантаження, який діє на сигнал з витримкою часу більшою за витримку часу інших захистів на об'єкті, як правило, 8…10с.

10.1 РЗА трансформаторів цехових ТП та максимальний струмовий захист

Максимальний струмовий захист (МСЗ)- Найпростіший і надійний захист, що широко застосовується для захисту трансформаторів.

Визначаємо номінальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{нн}}} = \frac{250}{\sqrt{3} * 10} = 14{,}43 \text{ А}.$$

Трансформатори струму прийняті з коефіцієнтом трансформації 50/5, схема захисту неповна зірка; $К_{СХ}$=1.

Струм спрацювання захисту:

$$I_{\text{сз}} = \frac{\text{П}_{\text{над}} \cdot (I_{\text{ном}} \cdot \text{К}_{\text{сз}} + I_{\text{ном}})}{\text{К}_{\text{пов}}} = \frac{1{,}2 \cdot (14{,}43 \cdot 1{,}5 + 14{,}43)}{0{,}85} = 50{,}93$$

де $К_Н$=1,2-коефіцієнт надійності; $К_{сзп}$=1,5-коефіцієнт само запуску; $К_п$=0,85-коефіцієнт повернення реле.

$$К_ч = \frac{I_{к.min}}{I_{сз}} = \frac{194}{50,93} = 3,8 > 1,5,$$

де $I_{к.min}$ - мінімально ймовірне значення струму при кз на стороні НН трансформатора, приведене до сторони ВН.

$$I_{к.min} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{к.max}^{нн} \cdot \frac{U_{ном}^{нн}}{U_{ном}^{вн}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 5600 \cdot \frac{0,4}{10} = 194 \text{ А}$$

Уставка реле струму:

$$I_{рс} = \frac{I_{сз} \cdot К_{сх}}{К_{тс}} = \frac{50,93 \cdot 1}{10} = 5,09 \text{ А}.$$

Обираємо реле типу - МРЗС-05Л.

Установка часу захисту (реле):

$$t_{сз1} = t_{макс} + \Delta t.$$

Ступінь селективності.

$$\Delta t = 0,12 + 0,12 + 0,08 + 0,1 = 0,42 \approx 0,4 \text{ с},$$

де 0,12- похибка двох мікропроцесорних реле МРЗС-05Л; 0,08 - час до згасання дуги на контактах вимикача; 0,1- запас часу.

Тоді

$$t_{сз1} = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ с};$$

$$t_{сз2} = 1,6 + 0,4 = 2 \text{ с}.$$

Розрахунок миттєвого діючого струмового захисту (відсічки)

Максимальний струм на стороні 10 кВ:

$$I_{max} = \frac{S_{ном} \cdot к_{пер}}{\sqrt{3} \cdot U_{нн}} = \frac{250 \cdot 1,4}{\sqrt{3} * 10} = 20,2 \text{ А}.$$

Відсічка – найбільш простий з диференційних захистів трансформаторів. Вона виконується на базі мікропроцесорних реле МРЗС-05Л. При цьому відстройка захисту від піку струму намагнічування здійснюється за допомогою невеликої витримки. Справа в тому, що пік миттєвого значення струму намагнічення швидко знижується від початкового рівня (6...8)$I_{ном}$ до (2...3)$I_{ном}$ усього за 0,04...0,06 с. Приблизно такий самий час потрібен для спрацювання реле. В результаті приблизно з запасом 1,5 разів приймається

$$I_{\text{від}}^{\text{нам}} = \text{К}_{\text{від}}^{\text{нам}} \cdot I_{max} = 4{,}5 \cdot 20{,}2 = 90{,}9$$

Також відстройка відсічки здійснюється за максимальним значенням струму к.з. на стороні НН трансформатора

$$I_{\text{ск}}^{\text{кз}} = \text{К}_{\text{від}} \cdot I_{\text{к}.max}^{\text{нн}} \cdot \frac{U_{\text{ном}}^{\text{нн}}}{U_{\text{ном}}^{\text{вн}}} = 1{,}2 \cdot 5600 \cdot \frac{0{,}4}{10} = 268{,}8 \text{ А}.$$

З двох значень $I_{сз}^{нам}$ та $I_{сз}^{кз}$ вибираємо найбільше.

Перевіримо коефіцієнт чутливості:

$$\text{К}_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}.min}^{\text{вн}}}{I_{\text{сз}}} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 857}{268{,}8} = 2{,}76 > 1{,}5.$$

де $I_{k\min}^{вн}$ - мінімально ймовірне значення струму при короткому замиканні на стороні ВН трансформатора.

Знаходимо вторинний струм:

$$I_{\text{рс}} = \frac{I_{\text{сз}} \cdot \text{К}_{\text{сх}}}{\text{К}_{\text{тс}}} = \frac{268{,}8 \cdot 1}{10} = 26{,}88 \text{ А}.$$

Так як, $\text{К}_{\text{ч}} > 1{,}5$ диференційна струмова відсічка прийнята.

Захист від перевантажень

Струм спрацювання сигналізації:

$$I_{\text{сиг}} = \frac{\text{К}_{\text{від}} \cdot \text{К}_{\text{сз}}}{\text{К}_{\text{п}}} \cdot I_{\text{ном}} = \frac{1{,}2 \cdot 1{,}35}{0{,}85} \cdot 14{,}43 = 27{,}5 \text{ А}.$$

Струм спрацювання реле:

$$I_{\text{рел}} = \frac{I_{\text{сиг}} \cdot \text{К}_{\text{сх}}}{\text{К}_{\text{тс}}} = \frac{27{,}5 \cdot 1}{10} = 2{,}75 \text{ А.}$$

Час спрацювання сигналізації:

$$T_{\text{сиг}} = t_{\text{сз}}^{\text{мсз}} + \Delta t = 2 + 0{,}4 = 2{,}4 \text{ с,}$$

де $\Delta t = 0{,}4$ с- ступінь селективності.

Таблиця 10.1

Струм спрацювання		Коефіцієнт	Час спрацювання захисту
захисту	реле		
Ісз	Ірел	Кч	tсз
А	А	-	с
Відсічка			
90,9	26,88	2,76	-
Максимальний струмовий захист (МСЗ)			
50,93	5,09	3,8	2
Захист від перевантажень (з дією на сигнал)			
27,5	2,75	-	2,4

11. Якість електричної енергії в системі електропостачання

11.1. Характеристика показників якості електричної енергії.

Відхилення частоти. Баланс активних потужностей у мережі визначає рівень частоти. За допомогою систем управління забезпечується баланс активних потужностей при частоті 50 Гц. Якщо баланс потужностей порушується, то змінюється і частота у мережі. Причиною порушення балансу може бути аварійне відключення генераторів на електростанціях, будь якого елементу електричної системі, включення і відключення споживачів. Розподіл потужностей при зміні частоти відрізняється від оптимального, що викликає зростання втрат потужностей та зменшення терміну роботи обладнання із-за перегрівів ізоляції.

Причинами **несиметрії** у мережі є нерівномірний розподіл однофазного навантаження у мережах до 0,4 кВ; потужна з неоднаковими значеннями споживання потужність у мережах 6-10 кВ; несиметричні режими у мережах вище 35 кВ. Розглянемо вплив несиметрії на АД. Відомо що несиметричний режим може бути проаналізовано за допомогою метода симетричних складових. Зворотна складова наводить у роторі ЕДС подвійної частоти. Якщо врахувати що індуктивність зворотної послідовності АД в 5-7 разів менше індуктивності прямої послідовності, то незначна несиметрія напруги може привести к значному росту несиметрії струму. Зростанні струму призводить до додаткового нагріву обмоток. При роботі з номінальним навантаженням та при К2u = 4% термін служби ізоляції тільки з причини додаткового нагріву зменшується приблизно у 2 рази. Несиметрія у мережі веде до зменшення потужності що генерує батарея конденсаторів.

Вплив на лінії та трансформатори мережі проявляється у додаткових втратах потужності. Струми I2 и I0 викликають зростання втрат у повздовжніх елементах схем заміщення. Напруги U2 и U0 викликають зростання у поперечних елементах схем заміщення. Накладання U2 і U0 та U1 призводить до різких додаткових відхилень напруги у різних фазах. Несиметрія може бути причиною помилкової роботи систем автоматики і релейного захисту, телемеханічних пристроїв. Така робота вказаних систем приводить до порушень технологічних процесів.

Гармоніки виникають у мережах як наслідок роботи нелінійних навантажень. Вищі гармоніки виникають при роботи тиристорних перетворювачів; обладнання, яке використовує електричну дугу. Вищі гармоніки викликають не тільки втрати потужностей і енергії, а викликають порушення у роботі релейного захисту, протиаварійної автоматики, пристроїв керування, що приводить до порушень технологічних процесів. Джерела гармонік:

1. Машини змінного струму - генератори і двигуни (магнітне поле не ідеально синусоідально).

2. Магнітні кола що насиченні.

3. Перетворювачі усіх типів

4. Апарати з електричною дугою чи апарати що використовують електричний розряд: дугові печі, зварювальні машини, люмінесцентні лампи (створюють не стабільні у часі гармоніки).

Дії ударного навантаження викликають швидкі зміни напруги у вузлах мережі. Коливання напруги приводять до флікеру, перешкодам у роботі телебачення, хибній роботі регулюючих пристроїв, порушеннями у роботі рентгенівського обладнання, коливанням моменту на валах двигунів, які приводять до підвищених втрат електроенергії та зносу матеріалів.

Відхилення напруги, зумовлені повільними процесами зміни навантажень у системі, справляють різний вплив на режим роботи окремих споживачів. Скажімо, тривале підвищення напруги на затискачах електричних двигунів – наймасовіших споживачів енергосистем – призводить до збільшення обертального моменту їх , зменшення ковзання й зростання втрат у сталі двигунів, бо такі втрати пропорційні квадрату підведеної напруги, збільшенню струму холостого ходу і, значить, зменшенню коефіцієнта потужності електродвигунів. Зниження напруги на затискачах електродвигунів призводить до зниження обертального моменту, збільшенню ковзання, зростанню струму статора й зменшенню терміну служби ізоляції електродвигунів. У разі тривалої роботи електродвигунів при зниженій напрузі, зокрема на рівні 90 % номінального значення, строк служби ізоляції двигуна зменшується на 18-20 %, що істотно знижує продуктивність технологічних механізмів, що їх приводить у дію цей електродвигун. Підвищення напруги на затискачах звичайного асинхронного двигуна на 1 % спричиняється до збільшення струму холостого ходу й споживаної двигуном реактивної потужності приблизно на 3 % . Але при цьому має місце перехід на нелінійну частину кривої намагнічення що є джерелом генерації вищих гармонік напруги. Підвищення напруги веде до підвищення запасу статичної стійкості вузла навантаження.

Найбільший вплив відхилення напруги справляє на режими роботи нагрівальних, особливо освітлювальних, приймачів електричної енергії.

Наприклад, зниження напруги на затискувачах плавильних печей всього на 5 % від номінального значення збільшує час плавки в 1.5-2 рази, знижує світовий потік ламп розжарювання на 18-20 %, що може призвести до збільшення ступеня травматизму працівників. Підвищення напруги на затискачах освітлювальних приладів на 10 % скорочує термін служби ламп розжарювання приблизно в 3 рази. Зменшення напруги призводить до зростання терміну нагріву в електротермічних установках, а при значних відхиленнях напруги процес взагалі не може бути завершено. Особливо чутливі

до відхилення напруги такі процеси як вирощування кристалів, скляне виробництво.

Підвищення напруги впливає на режим мережі:
- зменшуються втрати потужності у повздовжніх елементах схем заміщення та зростають втрати потужності неробочого ходу. У мережах напругою 330 кВ і вище зростають втрати активної потужності на корону.
Основним засобом забезпечення необхідного рівня напруги є регулювання напруги в електричних системах.

11.2. Характеристика методів та технічних заходів по забезпеченню якості електроенергії.

Основним засобом забезпечення необхідного рівня напруги є регулювання напруги в електричних системах.

Заходи щодо зменшення впливу несиметрії називають симетруванням режимів:

1.Забезпечення рівномірного розподілу навантажень по фазам.
2. Зменшення опору нульової послідовності Z_o в у мережах до 1 кВ за рахунок збільшення перерізу нульового проводу, використання трансформаторів з меншими індуктивностями Х (залежать від схем з'єднання обмоток, схеми вторинної обмотки - зігзах, з'єднання обмоток "трикутник-зірка з нульовим проводом),
3.Спеціальні пристрої що симетрують.
4.Універсальні симетрируючі пристрої - батареї конденсаторів.

Відомо що за допомогою конденсаторі можливо створювати струми зворотної послідовності за рахунок включення різної кількості конденсаторів між фазами мережі. Треба створити по значенню струм такий як у мережі, але повернутий відносно від струму у мережі на 1800. Але існує проблема. Струм зворотної послідовності у мережі змінюється при зміні навантажень та конфігурації мережі. Виникає необхідність зміни струму що генерують

конденсатори, тобто треба перерозподіляти їх між фазами під час зміни режиму мережі.

Слід підкреслити що струм прямої послідовності не залежить від розподілу конденсаторів між фазами, а струм зворотної послідовності залежить.

Зменшення несинусоїдальності забезпечується наступним чином:
1. Зменшення рівня вищих гармонік від перетворювачів за рахунок збільшення числа фаз і використання спеціальних схем перетворення та керування ними.

2. Раціональної побудови схеми мережі:

- живлення нелінійних навантажень від окремих ліній та трансформаторів;
- використання фільтрів.

Заходи щодо зниження коливань напруги:

1. Пристрої повздовжньої компенсації

2. Синхронні генератори с АРВ

3.Раздільне живлення навантажень (статичної і різко змінної).

11.3. Перевірка цехової мережі на допустиме відхилення напруги.

Довжина кабельних ліній $l = 0{,}05$ км

$$\text{tg}\varphi = \frac{Q_{\text{роз.ц}}}{P_{\text{роз.ц}}} = \frac{180{,}84}{303{,}4} = 0{,}596$$

$$\cos\varphi = \cos(\text{arctg}(\text{tg}\varphi))$$

$$\cos\varphi = \cos(\text{arctg}(\text{tg}\varphi)) = \cos(\text{arctg}(0{,}596)) = 0{,}859$$

$$\sin\varphi = \sin(\text{arctg}(\text{tg}\varphi))$$

$$\sin\varphi = \sin(\text{arctg}(\text{tg}\varphi)) = \sin(\text{arctg}(0{,}596)) = 0{,}512$$

Опори шинопровода ШРА1:

$r_0 = 0{,}13$ Ом/км; $x_0 = 0{,}1$ Ом/км

Втрати напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{сп\,p\Sigma} \cdot l \cdot (\cos\varphi \cdot r_0 + \sin\varphi \cdot x_0)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 228{,}61 \cdot 0{,}05 \cdot (0{,}859 \cdot 0{,}13 + 0{,}512 \cdot 0{,}1) = 3{,}22 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{3{,}22 \cdot 100}{400} = 0{,}8 < 5\%$$

Опори шинопровода ШРА2:

r_0 = 0,2 Ом/км; x_0 = 0,1 Ом/км

Втрати напруги:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_{сп\,p\Sigma} \cdot l \cdot (\cos\varphi \cdot r_0 + \sin\varphi \cdot x_0)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 271{,}37 \cdot 0{,}05 \cdot (0{,}859 \cdot 0{,}2 + 0{,}512 \cdot 0{,}1) = 5{,}2 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{5{,}2 \cdot 100}{400} = 1{,}31 < 5\%$$

12. Конструктивне виконання цехових мереж та підстанцій

Цехові підстанції обираються, як правило, комплектними КТП. Сучасні цехові ТП з боку низької напруги мають шафи з автоматичними вимикачами. Для приєднання ввідних ліній застосовуються шафи типів ВВ-1, ВВ-2, а для приєднання ліній, що відходять – шафи типів КН-3, КН-6, ШН-4, ШН-5 та інші з автоматичними вимикачами на струми 250, 400, 600, 1000, 1500 А. На двотрансформаторних підстанціях встановлюється між секціями шафа з секційним вимикачем, який обладнаний пристроєм автоматичного включення резерву (АВР).

Головними факторами які визначають конструкцію цехової ТП і її принципову схему електричних з'єднань, є схеми силової і освітлювальної мережі, підключення конденсаторних установок.

При проектуванні цехової трансформаторної підстанції для кожної живлячої лінії, вказаної на схемі електропостачання, повинна бути передбачена відповідна шафа з автоматичним вимикачем. Номера шаф на схемі електропостачання повинні відповідати номерам на виді спереду креслення конструктивного виконання цехової ТП. При дворядному розташуванні трансформаторів цехової ТП ряди з'єднують шинним містком.

Сучасні електропостачальні системи цеху повинні підходити рівню розвитку технологій, обсягу споживання електричної енергії, забезпечувати показники якості електроенергії та відповідну до вимог споживача надійність за максимальної економічної ефективності. На початковій стадії проектування об'єкта в електропостачальну систему потрібно закладати такі технічні рішення, які б забезпечили виконання згаданих умов. Робота ускладнюється тим, що з часом первинні умови можуть змінюватись, як в частині значень

електричних навантажень, розташуванні об’єкта, так і в частині енергосистеми, сторонніх споживачів тощо. Додатково деякі вихідні дані можуть бути задані з певним припущенням або можуть бути взагалі відсутні. Тому розроблена електропостачальна схема повинна бути універсальною і легко адаптуватись до різних варіацій вихідних умов з можливістю її подальшого розвитку та оптимізації.

13. Охорона праці

13.1 Електротехнічне обладнання на підприємстві

В даному дипломному проекті ми маємо прибудовану двотрансформаторну підстанцію, котра складається з двох трансформаторів типу ТМГ 250 кВА. Даний тип підстанції використовується через відсутність місця в цеху підприємства, для розташування трансформаторної підстанції.

Трансформаторна підстанція (ТП) — електрична підстанція, яка призначена для трансформування електричної енергії в мережі змінного струму та для розподілу електроенергії.

Прибудована трансформаторна підстанція – це закрита трансформаторна підстанція, що має тільки один будівельний елемент, спільний з суміжними приміщеннями (стіну, перегородку або підлогу, що є перекриттям суміжного приміщення знизу).

Розглянемо деякі кваліфікаційні вимоги до персоналу, котрий обслуговує електротехнічне обладнання.

1. Виконуйте роботу тільки тоді, коли умови безпеки її виконання вам відомі.

Заборонено братися до роботи, якщо умови її виконання не відповідають вимогам інструкцій з охорони праці або інших документів, що вказують порядок безпечного виконання робіт, а також при переведенні на інше місце роботи , заборонено приступати до виконання задач без інструктажу з охорони праці.

2. Обов’язково вивчайте вимоги безпеки перед початком роботи.

Перш ніж взятися до роботи, робітник повинен привести свій спецодяг до належного вигляду для того, щоб він не став причиною нещасного випадку.

До обслуговування електроустановок допускаються працівники, які знають оперативні схеми і устаткування електроустановки.

Робітники з оперативного персоналу, які обслуговують електроустановки одноосібно і старші в зміні чи в бригаді, за якими закріплена певна електроустановка, повинні мати групу з безпеки не нижче IV в електроустановках вище 1000В і III в установках напругою до 1000В.

3. Працівник з оперативного персоналу, котрий заступає на чергування, має прийняти зміну від попереднього чергового.
4. Працівник з оперативного персоналу під час свого чергування є відповідальним за правильне обслуговування, безаварійну роботу свого обладнання на дорученій йому ділянці.

Оперативне обслуговування полягає в: постійному спостереженні за режимом роботи електрообладнання, періодичних оглядах обладнання, підготовки робочого місця для ремонтних бригад, допуск їх до роботи, нагляд за ними під час роботи і відновлення схеми після закінчення всіх робіт.

5. Робота по ремонту освітлювальної мережі і заміні ламп повинна проводитися при знятій напрузі.
6. При ремонті або монтажі освітлювальної електричної проводки, розподільчих електричних щитів освітлення та інших роботах, що відносяться до висвітлення, необхідно пам'ятати: запобіжники і вимикачі повинні бути встановлені на фазних проводах, а не на нульових, арматура повинна бути обов'язково заземлена або занулити, всі з'єднання проводів повинні бути ізольовані.

Для того, щоб ознайомитися більш детально з всіма правилами та кваліфікаційними вимогами потрібно відкрити відповідні нормативні документи, одним зголовних документів є – правила устаткування електроустановок (ПУЕ).

Розглянемо деякі вимоги безпеки під час встановлення, експлуатації та ремонту електрообладнання:

1. Вміти застосовувати засоби індивідуального, колективного захисту, засоби пожежогасіння;
2. Вміти надавати першу допомогу потерпілим від нещасних випадків;
3. Знати і виконувати всі вимоги нормативних актів з охорони праці, правил протипожежного захисту та виробничої санітарії.
4. Дотримуватися вимог інструкцій з експлуатації обладнання;
5. Працівникові, який обслуговує закріплені за ним електричні установки напругою до 1000 В одноосібно, необхідно мати III групу з електробезпеки.
6. Виконати необхідні відключення і вжити всіх заходів, що виключають помилкове або самовільне включення комутаційної апаратури;
7. Розвісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
8. Провести перевірку на відсутність напруги на струмопровідних частинах, які повинні бути заземлені для захисту людей від ураження електричним струмом;
9. Встановити заземлення (включити заземлюючі ножі, застосувати переносні заземлення);
10. Працювати без зняття напруги на струмопровідних частинах або поблизу них слід як мінімум двом працівникам, керівнику робіт, необхідно мати групу IV.
11. При знятті і встановлення запобіжників під напругою в електроустановках напругою до 1000 В слід заздалегідь відключити всі навантаження, які підключені до зазначених запобіжників; використовувати при цьому ізолюючі кліщі або діелектричні рукавички, а якщо є відкриті плавкі вставки, то і захисні окуляри.

Для детального вивчення вимог безпеки потрібно відкрити відповідні нормативні документи, одним з головних документів є – «Основи безпечної експлуатації електроустановок».

13.2 Основні ізолюючі електрозахисні засоби для електроустановок напругою до 1000 В

У цьому пункті наведені правила та норми, котрі затверджені Державним Департаментом з Нагляду за Охороною Праці Міністерства Праці та Соціальної Політики України (НПАОП 40.1-1.07-01)

Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом (електрозахисні засоби), від впливу електричного поля, а також засоби індивідуального (далі – ЗІЗ) та колективного захисту згідно з ГОСТ 12.4.011.

До складу основних електрозахисних засобів для електроустановок напругою до 1000 В входять: ізолювальні штанги, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, діелектричні рукавички, інструмент з ізолювальним покриттям.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Працівники, які винні у порушенні правил охорони праці, несуть дисциплінарну, адміністративну, матеріальну або кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством.

Керівники підприємств, установ, організацій та інші посадові особи несуть персональну відповідальність за виконання вимог цих правил у межах покладених на них завдань та функціональних обов'язків згідно з чинним законодавством.

Працівників, які обслуговують електроустановки, необхідно забезпечити усіма необхідними засобами захисту, навчити правилам користування цими засобами і зобов'язати застосовувати їх для створення безпечних умов праці.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок випробуваними засобами захисту відповідно до норм комплектування, організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів і за організацію обліку їх несе власник цих засобів відповідно до ДНАОП 0.00-4.26-96 "Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту".

Працівники, які отримали засоби захисту в особисте користування, відповідають за правильну експлуатацію і зберігання їх, а також за своєчасне вилучення з експлуатації несправних засобів захисту.

Засоби захисту необхідно розміщувати як інвентарні в приміщеннях електроустановок (в РУ, цехах електростанцій, на трансформаторних підстанціях, в розподільних пунктах тощо) або в складі інвентарного майна оперативно-виїзних бригад, бригад експлуатаційного обслуговування, пересувних високовольтних лабораторій тощо.

Інвентарні засоби захисту необхідно розподіляти між об'єктами, оперативно-виїздними та іншими бригадами відповідно до системи організації експлуатації, місцевих умов і норм комплектування.

Засоби захисту повинні бути безпечними в користуванні. Їх необхідно розробляти і вводити в експлуатацію з урахуванням вимог статті 24 Закону України "Про охорону праці".

Засоби захисту, що експлуатуються в Україні, повинні виготовлятись в кліматичному виконанні У категорії і згідно з ГОСТ 15150 (робочі температури: нижнє значення мінус 45 ºС; верхнє значення плюс 40 ºС; середньорічна відносна вологість 80 % за температури плюс 15 ºС).

Організацію контролю відповідності засобів захисту цим Правилам після придбання їх повинен здійснювати роботодавець підприємства, яке придбало засоби захисту.

Ізолювальні частини електрозахисних засобів повинні бути виготовлені з матеріалів, що мають стійкі діелектричні властивості.

13.3 Практичний розрахунок

Задача №2, варіант №4. Людина доторкнулась до фази трифазної три провідної мережі з ізольованою нейтралю (частотою 50 Гц) напругою 380 В. Накреслити схеми і визначити напругу дотику та силу струму, що проходить через людину для двох режимів роботи електроустановки:

1) Нормальний режим роботи – для двох випадків:

   1.1 При $C_A = C_B = C_C = 0$ і $R_A = R_B = R_C = R$, кОм; Оіпр R має значення наведені в таблиці 12.1.

   1.2 При $C_A = C_B = C_C = C$, мкФ і $R_A = R_B = R_C = \infty$; Ємність С має значення наведені в таблиці 12.1.

2) Аварійний режим роботи (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{зам}$, Ом.

Покажіть, в яких випадках доторкання найнебезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини $R_л$, Ом; опір ізоляції провідника $R_A = R_B = R_C = R$, кОм, ємність провідника $C_A = C_B = C_C = C$, мкФ. Вихідні дані для розрахунку наведено в табл. 13.1.

	$R_л$, Ом	Нормальний режим		Аварійний режим		
		1 випадок: $C_A = C_B = C_C = 0$ $R_A = R_B = R_C = R$, кОм	2 випадок: $R_A = R_B = R_C = \infty$ $C_A = C_B = C_C = C$, мкФ	R, кОм	C, мкФ	$R_{зам}$, Ом
	50	2;4;12;18;30; 70	0,01; 0,04; 0,2; 0,4; 0,8; 1,0	0	,02	120; 60; 6; 0,4

Виконання

1) Розраховуємо нормальний режим мережі (див. рис. 13.1).

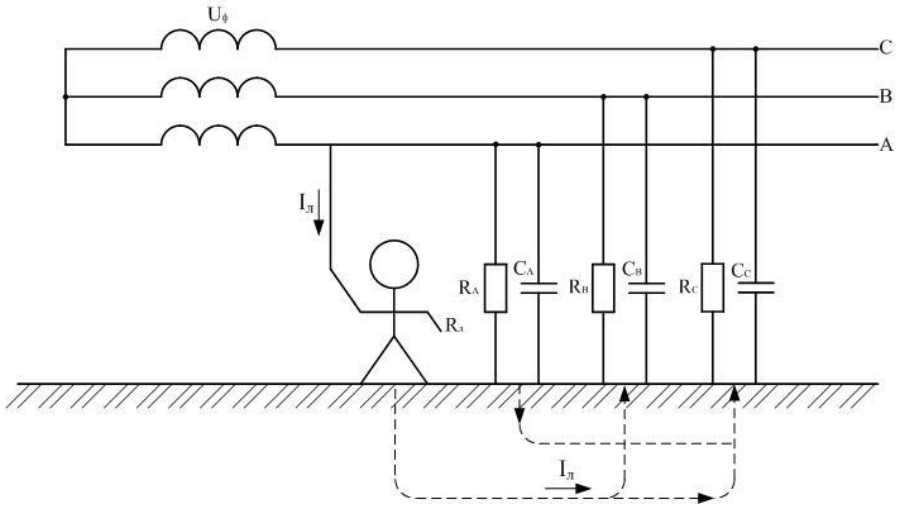


Рис. 13.1. Однофазний дотик людини до проводу трифазної трипровідної мережі з ізольованою нейтраллю.

1.1 Знаходимо напругу дотику та силу струму, що проходить через людину при рівності активних опорів і відсутності ємностей, тобто при:

$$C_A = C_B = C_C = 0$$

$$R_A = R_B = R_C = R,$$

Дана ситуація може виникнути при коротких повітряних мережах, струм, який протікає через людину в такому випадку визначається з виразу

$$I_{л1} = \frac{U_ф}{R_л + \frac{R_1}{3}} = \frac{220}{650 + \frac{2}{3}} = 0{,}338\text{ , А}$$

$$I_{л2} = \frac{U_ф}{R_л + \frac{R_2}{3}} = \frac{220}{650 + \frac{4}{3}} = 0{,}338\text{, А}$$

$$I_{л3} = \frac{U_ф}{R_л + \frac{R_3}{3}} = \frac{220}{650 + \frac{12}{3}} = 0{,}336\text{ , А}$$

$$I_{л4} = \frac{U_ф}{R_л + \frac{R_4}{3}} = \frac{220}{650 + \frac{18}{3}} = 0{,}335\text{ , А}$$

$$I_{л5} = \frac{U_ф}{R_л + \frac{R_5}{3}} = \frac{220}{650 + \frac{30}{3}} = 0{,}333\text{ , А}$$

$$I_{л6} = \frac{U_ф}{R_л + \frac{R_6}{3}} = \frac{220}{650 + \frac{70}{3}} = 0{,}327\text{ , А}$$

Напруга дотику визначається:

$$U_{дот1} = I_{л1} \cdot R_л = 0{,}338 \cdot 650 = 219{,}7\text{ , В}$$

$$U_{дот2} = I_{л2} \cdot R_л = 0{,}338 \cdot 650 = 219{,}7\text{ , В}$$

$$U_{дот3} = I_{л3} \cdot R_л = 0{,}336 \cdot 650 = 218{,}4\text{ , В}$$

$$U_{дот4} = I_{л4} \cdot R_л = 0{,}335 \cdot 650 = 217{,}7\text{ , В}$$

$$U_{дот5} = I_{л5} \cdot R_л = 0{,}333 \cdot 650 = 216{,}4\text{ , В}$$

$$U_{дот6} = I_{л6} \cdot R_л = 0{,}327 \cdot 650 = 212{,}55\text{ , В}$$

Знайдені величини зводимо до таблиці 13.2. Таблиця 13.2

R, Ом	$R_1 = 2$	$R_2 = 4$	$R_3 = 12$	$R_4 = 18$	$R_5 = 30$	$R_6 = 70$
Uдот, В	219,7	219,7	218,4	218,4	216,4	212,55
Іл, А	0,338	0,338	0,336	0,335	0,333	0,327

1.2 Знаходимо напругу дотику та силу струму, що проходить через людину при рівності ємностей і великих активних опорах у порівнянні з ємнісними, тобто при:

$$R_{\text{A}} = R_{\text{B}} = R_{\text{C}} = \infty$$

$$C_{\text{A}} = C_{\text{B}} = C_{\text{C}} = C,$$

Дана ситуація може виникнути в кабельних мережах, струм, який протікає через людину визначається з виразу:

$$I_{л1} = \frac{U_{ф}}{\sqrt{R_{л}^2 + (\frac{X_{c1}}{3})^2}} = \frac{220}{\sqrt{650^2 + (\frac{0{,}318}{3})^2}} = 0{,}338\text{ , А}$$

Де $X_{c1} = \frac{1}{\omega \cdot C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_1} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0{,}01} = 0{,}318\text{, Ом}$

$$I_{л2} = \frac{U_{ф}}{\sqrt{R_{л}^2 + (\frac{X_{c2}}{3})^2}} = \frac{220}{\sqrt{650^2 + (\frac{0{,}08}{3})^2}} = 0{,}338\text{, А}$$

Де $X_2 = \frac{1}{\omega \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0{,}04} = 0{,}08\text{, Ом}$

$$I_{л3} = \frac{U_{ф}}{\sqrt{R_{л}^2 + (\frac{X_{c3}}{3})^2}} = \frac{220}{\sqrt{650^2 + (\frac{0{,}016}{3})^2}} = 0{,}338\text{ , А}$$

Де $X_3 = \frac{1}{\omega \cdot C_3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_3} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0{,}2} = 0{,}016\text{, Ом}$

$$I_{л4} = \frac{U_{ф}}{\sqrt{R_{л}^2 + (\frac{X_{c4}}{3})^2}} = \frac{220}{\sqrt{650^2 + (\frac{0{,}008}{3})^2}} = 0{,}338\text{ , А}$$

Де $X_4 = \frac{1}{\omega \cdot C_4} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_4} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0{,}4} = 0{,}008\text{, Ом}$

$$I_{л5} = \frac{U_{ф}}{\sqrt{R_{л}^2 + (\frac{X_{c5}}{3})^2}} = \frac{220}{\sqrt{650^2 + (\frac{0{,}004}{3})^2}} = 0{,}338\text{ , А}$$

Де $X_5 = \frac{1}{\omega \cdot C_5} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_5} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 0{,}8} = 0{,}004\text{, Ом}$

$$I_{л6} = \frac{U_ф}{\sqrt{R_л^2 + (\frac{X_{с6}}{3})^2}} = \frac{220}{\sqrt{650^2 + (\frac{0{,}003}{3})^2}} = 0{,}338\text{ , А}$$

Де $X_6 = \frac{1}{\omega \cdot C_6} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C_6} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot 1} = 0{,}003\text{, Ом}$

Так, як струм у 6 випадках однаковий, маємо однакову напругу дотику для 6 випадків:

$$U_{дот} = I_л \cdot R_л = 0{,}338 \cdot 650 = 219{,}7\text{ , В}$$

Знайдені величини зводимо до таблиці 13.3.

Таблиця 13.3

С, мкФ	$C_1 = 0{,}01$	$C_2 = 0{,}04$	$C_3 = 0{,}2$	$C_4 = 0{,}4$	$C_5 = 0{,}8$	$C_6 = 1$
Uдот, В	219,7	219,7	219,7	219,7	219,7	219,7
Іл, А	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338	0,338

2) При аварійному режимі, коли одна із фаз мережі, наприклад фаза С (див. рис. 13.2), замкнута на землю через відносно малий активний опір Rзам, провідності двух інших фаз можна прийняти рівними нулю, тобто

$$Y_A = Y_B = 0$$

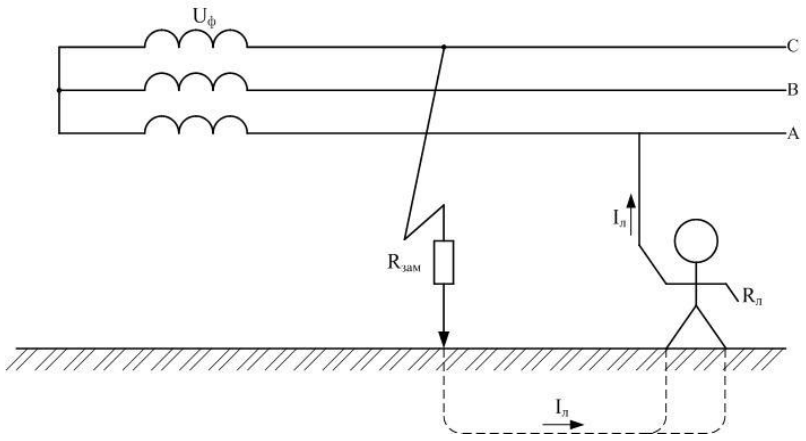


Рис. 13.2. Однофазний дотик людини до проводу трифазної трипровідної мережі з ізольованою нейтраллю при аварійному режимі

В цьому випадку рівняння для визначення напруги дотику має вигляд:

$$U_{\text{дот1}} = U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам1}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{650}{650 + 120} = 321{,}6, \text{В}$$

$$U_{\text{дот2}} = U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам2}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{650}{650 + 60} = 348{,}8, \text{В}$$

$$U_{\text{дот3}} = U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам3}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{650}{650 + 6} = 377{,}5, \text{В}$$

$$U_{\text{дот4}} = U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам4}}} = 220 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{650}{650 + 0{,}4} = 380{,}8, \text{В}$$

Струм, який проходить через людину в аварійному випадку дорівнює:

$$I_{\text{л1}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам1}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{650 + 120} = 0{,}495, \text{А}$$

$$I_{\text{л2}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам2}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{650 + 60} = 0{,}537, \text{А}$$

$$I_{\text{л3}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам3}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{650 + 6} = 0{,}581, \text{А}$$

$$I_{\text{л4}} = \frac{U_{\text{ф}} \cdot \sqrt{3}}{R_{\text{л}} + R_{\text{зам4}}} = \frac{220 \cdot \sqrt{3}}{650 + 0{,}4} = 0{,}586, \text{А}$$

Зводимо данні до таблиці 13.4.

Таблиця 13.4

$R_{\text{зам}}$, Ом	$R_{\text{зам1}} = 120$	$R_{\text{зам2}} = 60$	$R_{\text{зам3}} = 6$	$R_{\text{зам4}} = 0{,}4$
Uдот, В	321,6	348,8	377,5	380,8
Iл, А	0,495	0,537	0,581	0,586

Проаналізувавши отримані дані, робимо наступні висновки:

1. При нормальному режимі роботи:

Випадок 1. Коли струм проходить через людину при рівності активних опорів і відсутності ємностей: при зменшенні активних опорів зменшуються струм, який проходить через людину, а також напруга дотику

Випадок 2. Коли струм проходить через людину при рівності ємностей і великих активних опорах у порівнянні з ємнісними: при збільшені ємнісних

опорів, напруга дотику і струм, який проходить через людину залишаються сталими, та мають величини наведені у таблиці 13.2.

2. При аварійному режимі роботи мережі:

Одна із фаз мережі замкнута на землю через відносно малий активний опір Rзам, провідності двух інших фаз можна прийняти рівними нулю. У такому випадку ми бачимо, що при зменшені опору замикання на землю, збільшується струм та напруга дотику досягає значення лінійної напруги.

3. Після проведення розрахунків бачимо, що при доторканні людини до мережі, для обох режимів роботи мережі, з нашими характеристиками призведе до смерті, так як значення струму в обох випадках перевищує смертельне значення струму, а саме 100 мА.

14. Індивідуальне завдання

Аналіз сучасних тенденцій у проектуванні електричних мереж 0,4 - 10 кВ

Для детального та конструктивного вивчення цієї теми розробимо план у вигляді блок-схеми.

ПЛАН

					ДП 2022 141		
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Ріпа М. Ю.			**Індивідуальне завдання**	Літ.	Арк. / Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А					
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-3	
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М					

Вступ

Проектування електричних мереж – це процес у якому виконують економічні розрахунки, створюють графіки (приклад: графік споживання електричної енергії, графік завантаженості трансформаторної підстанції), розробляються схеми електропостачання об’єкту, вибираються найбезпечніші та найекономічніші варіанти електропостачання, проводяться дослідження технічної документації, дозволів та безпосередньо місцевості на якій планується будівництво чи реконструкція певного об’єкту.

Раніше проектування електричних мереж виконувалося виключно на папері (рис. 14.1), адже не було необхідного програмного забезпечення. Інженери та проектанти були вимушені витрачати багато часу на те, щоб розробити правильний проект. Це відбувалося через те, що при знаходженні найдрібнішої помилки розробник проекту мав перекреслити весь проект спочатку, щоб персонал котрий буде виконувати роботу за цим проектом зміг зрозуміти та відтворити цей проект правильно та в найкоротший термін.

Рис. 14.1. Креслення від руки.

В наш час, ми маємо велику кількість новітнього програмного забезпечення (рис. 14.2), яке допомагає в проектуванні та значно його полегшує. Завдяки появі цього програмного забезпечення виконавець проекту

має змогу виконати проект без свого фізичного знаходження на місці де будуть вестись роботи згідно цього проекту. Все, що потрібно для виконання проекту, це правильно підготовлена та перевірена інформація про об’єкт проектування.

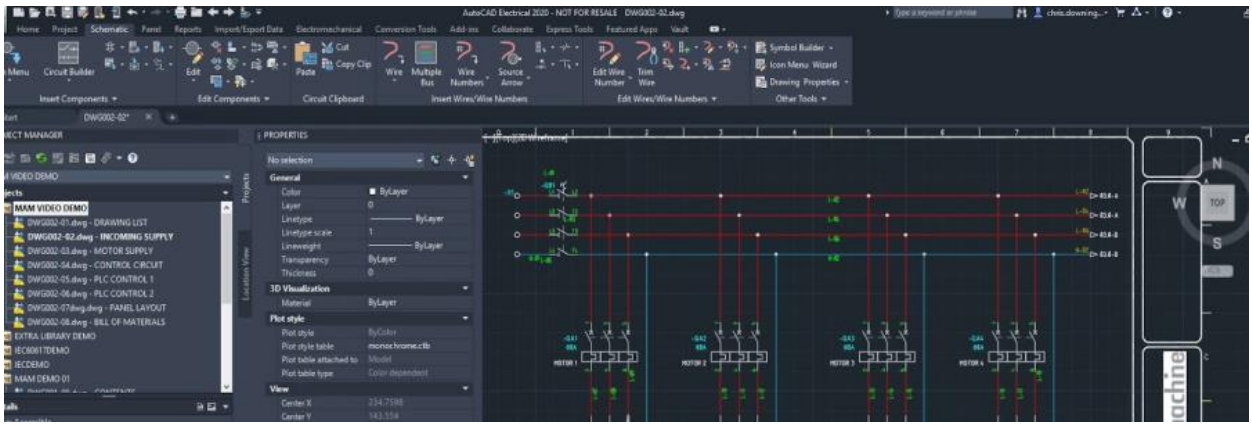


Рис. 14.2. Програма для креслення електромереж «AutoCAD Electrician»

Загалом, проектування електричних мереж поділяється на проектування електричних мереж, що будуються (Нове будівництво) та проектування електричних мереж, що реконструюють чи модернізують (Реконструкція). В залежності від виду проекту його виконання проходить різними способами.

1. Основні етапи проектування електричних мереж 0,4 - 10 кВ

1.1. Загальні етапи проектування електричних мереж 0,4 - 10 кВ

Для підготовки до виконання проектної документації необхідно отримати технічне завдання від Замовника, а також всі необхідні документи це в свою чергу є перший етап проектування.

В технічному завданні повинна бути наступна інформація:

- Вид будівництва;
- Дані про інвестора;
- Дані про замовника;
- Джерело фінансування;
- Необхідність розрахунків ефективності інвестицій;
- Дані про генерального проектувальника;
- Стадійність проектування;
- Інженерні вишукування;
- Дані про особливі умови будівництва;
- Основні архітектурно-планувальні вимоги і характеристики об’єкта будівництва;
- Клас наслідків об’єкта реконструкці;ї
- Вказівки про необхідність;
- Розроблення індивідуальних технічних вимог;
- Розроблення окремих проектних рішень у декількох варіантах і на конкурсних засадах;
- Попередніх погоджень проектних рішень;
- Виконання демонстраційних матеріалів, макетів, креслень інтер’єрів, їх склад та форма;
- Виконання науково-дослідних та дослідно-експериментальних робіт у процесі проектування і будівництва;
- Технічного захисту інформації;
- Потужність або характеристика об’єкта будівництва, виробнича програма;
- Вимоги до благоустрою майданчика;

- Вимоги до інженерного захисту територій і захисту будинків і споруд від небезпечних природних чи техногенних факторів;
- Вимоги щодо розроблення розділу «Оцінка впливів на навколишнє середовище» ;
- Вимоги щодо енергозбереження та енергоефективності;
- Вимоги до режиму безпеки та охорони праці;
- Вимоги щодо розроблення розділу інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) ;
- Вимоги до протипожежного захисту об’єкту.

До технічного завдання також додаються наступні документи:

- Копія документа, що підтверджує право власності чи користування цим об'єктом, або копія витягу з Державного реєстру речових прав на нерухоме майно;
- Копія паспорта;

Після отримання технічного завдання, можна розпочинати другій етап – отримання технічних умов від оператора системи розподілу (ОСР). В технічних умовах (ТУ) міститься вся необхідна інформація для того, щоб розпочинати проектування. В ТУ вказано:

- Адреса будівництва;
- Джерело електропостачання;
- Точка приєднання до існуючих мереж;
- Вимоги до електроустановок замовника;
- Вимоги до електроустановок ОСР;

Коли отримали ТУ – можна починати третій етап проектування – розробка проектної документації. В цей етап входить:

- Виїзд на місце. Проектант, або відповідальна особа повинна виїхати на місце де буде виконуватися будівництво чи реконструкція, згідно ТУ, та провести повний огляд місця;
- Передача зібраної інформації розробнику проекту;
- Виконання проектної документації кваліфікованим робітником згідно вимогам в ТУ та інформації з місця.

Наступний етап – погодження проектної документації зі всіма зацікавленими організаціями. Цей етап зазвичай дуже важкий, через велику кількість інстанцій, які в свою чергу повинні підтвердити. Що проект зроблений правильно.

Останній етап це отримання технічного рішення. На основі цього документу, замовник має повне право розпочинати виконувати будівельні роботи.

Після ознайомлення з всіма етапами зведемо їх до вигляду «Піраміда».

Блок-схема 14.1. Головні етапи проектування.

На наведеній вище схемі бачимо, що для початку проектування необхідно отримати ТЗ, що слугує фундаментом для нашої піраміди. В свою чергу, отримання технічного рішення, як кінець проектування слугує верхівкою піраміди.

1.2. Додаткові етапи проектування електричних мереж 0,4 - 10 кВ

Додаткові етапи в проектуванні виникають через будь-які зміни в документах чи вразі непередбачуваних ситуацій. Розглянемо деякі приклади додаткових етапів в проектуванні.

1. В разі якщо замовник не зможе самостійно скласти технічне завдання, тоді необхідно (за наявності всіх необхідних документів) детально вивчити вимоги замовника, нормативні документи, котрі пов’язані з цим випадком, та на основі вивчених даних скласти технічне завдання до проектування;
2. Якщо в проекті буде прокладатися кабельна лінія, то необхідно робити замовлення на геодезичне вишукування;
3. Якщо після отримання технічних вимог, характеристика об’єкта змінюється, то необхідно або внести зміни до технічних умов, або попередні технічні умови анулювати та розробити нові технічні умови до цього об’єкту;
4. За необхідністю можливий повторний виїзд на дослідження місця будівництва.
5. Якщо певна організація не затверджує проектну документацію через певні порушення, тоді ці помилки потрібно виправити та надіслати на повторне затвердження до цієї організації.

2. Вихідні дані для проектування електричних мереж 0, 4 - 10 кВ

Вихідні дані це базова інформація, якою користується виконавець проекту при розробці самого проекту. Є декілька видів вихідних даних, а саме: головні вихідні дані та додаткові дані. Далі розглянемо головні данні для виконання проекту електропостачання.

До головних додаткових даних належать:

- Технічне завдання, що надається замовником;
- Технічні умови, які формує ОСР та видає замовнику для подальшої розробки проектної документації.

До додаткових вихідних даних належать:

- Інформація про електричну мережу (яким проводом чи кабелем прокладена лінія). Ця інформація необхідна у разі будівництва нової лінії електропередач від існуючої лінії, будівництва відгалуженя, а також при розрахунках завантаженості лінії, пропускної спроможності. Якщо лінія знаходиться у перевантаженому стані чи буде перевантажена у разі приєднання нового приєднання;
- Інформація про потужність трансформаторної підстанції;
- Інформація про завантаженість ТП. Якщо після проведених розрахунків трансформаторна підстанція після підключення навантаження буде в перевантаженому стані, то потрібно замінити трансформатор на новий з більшою потужністю. У тому разі, коли трансформатор розташований в КТП чи ЗТП і більший трансформатор не проходить по розмірам, тоді необхідно замінювати повністю КТП чи ЗТП на нову і встановлювати трансформатор з потужністю, яка задовольнятиме потреби мережі з приєднаним додатковим навантаженням та з перспективним навантаженням;
- Інформація про електричні опори. Стан електричних опор визначається під час виїзду на місце. У разі незадовільного стану опори необхідно замінити;

3. Основні задачі в сучасному проектуванні

Задач в сучасному проектуванні дуже багато, але можна виділити декілька головних.

Одна з головних задач проектування електричних мереж 0,4-10 кВ це безпека, як споживачів так і людей в цілому. Так, як ці електричні мережі є найпоширенішими, ми бачимо їх всюди і через їх розповсюдження вони несуть небезпеку, так як стан кожної лінії електропередач необхідно перевіряти. Також, через постійні нові навантаження, необхідно точно розраховувати пропускну спроможність цих ліній та вчасно проводити реконструкції, щоб запобігти аварійним ситуаціям (рис. 14.3) чи навіть нещасним випадкам.

Рис. 14.3. Падіння електроопори.

Наступна і не менш важлива задача це – модернізація електричних мереж. Так, як одразу замінити все електричне обладнання та всі лінії електропередач неможливо, відповідальні організації повинні проводити необхідні розрахунки для своєчасної заміни та модернізації тієї чи іншої ділянки мережі (рис.14. 4).

Це в свою чергу несе за собою покращення якості електричної енергії та зменшення втрат напруги при передаванні та розподілу електричної енергії.

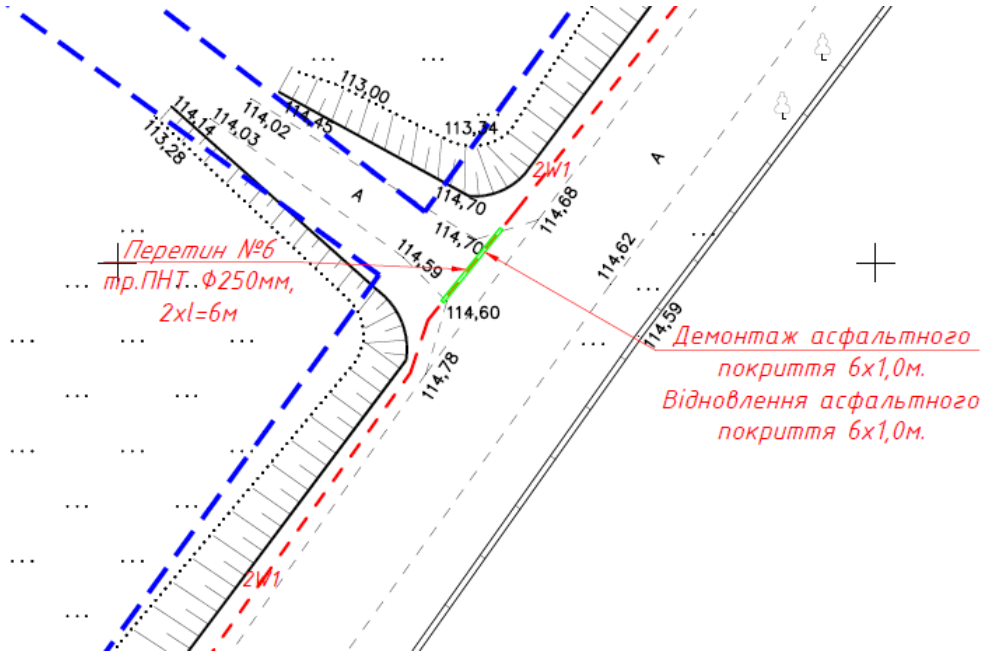
Рис. 14.4. Реконструкція електромережі

На сьогодні ми маємо велику кількість, як провідникової продукції так і різноманітного електричного обладнання (рис.14.5). Тому задача полягає в тому, щоб обрати правильне та надійне обладнання. Вибір обладнання повинна проводити кваліфікована людина за для отримання бажаного результату, а саме високої якості електроенергії та гарантованої безпеки при використанні цієї мережі.

Рис. 14.5. Провідникова продукція.

4. Труднощі в проектуванні електричних мереж 0, 4 - 10 кВ

Труднощі при проектуванні електричних мереж 0,4 кВ в місті. В більшості великих міст діє тенденція на те, щоб зменшити кількість повітряних ліній електропередач та переведення їх в кабельні електричні мережі (Креслення 14. 1).



Креслення 14.1. Проектування кабельних мереж.

До прикладу в місті Києві, особливо в центральній частині міста, заборонено будувати нові повітряні лінії електропередач, що і призводить до виникнення певних труднощів при підключені нових споживачів чи при збільшені потужності вже підключених споживачів. Тому більшість нових споживачів підключаються до електричної мережі через кабельні лінії електропередач.

При прокладанні кабельних ліній електропередач потрібно детально вивчати геодезичні карти та використовувати тільки актуальну інформацію на момент проектування та будівництва. Складність виконання такого проекту полягає в тому, що потрібно обрати найкоротший шлях від джерела

електропостачання до об’єкту і при цьому дотримуватися встановлених правил на норм при перетинанні всіх інших підземних комунікацій (рис.14.6).

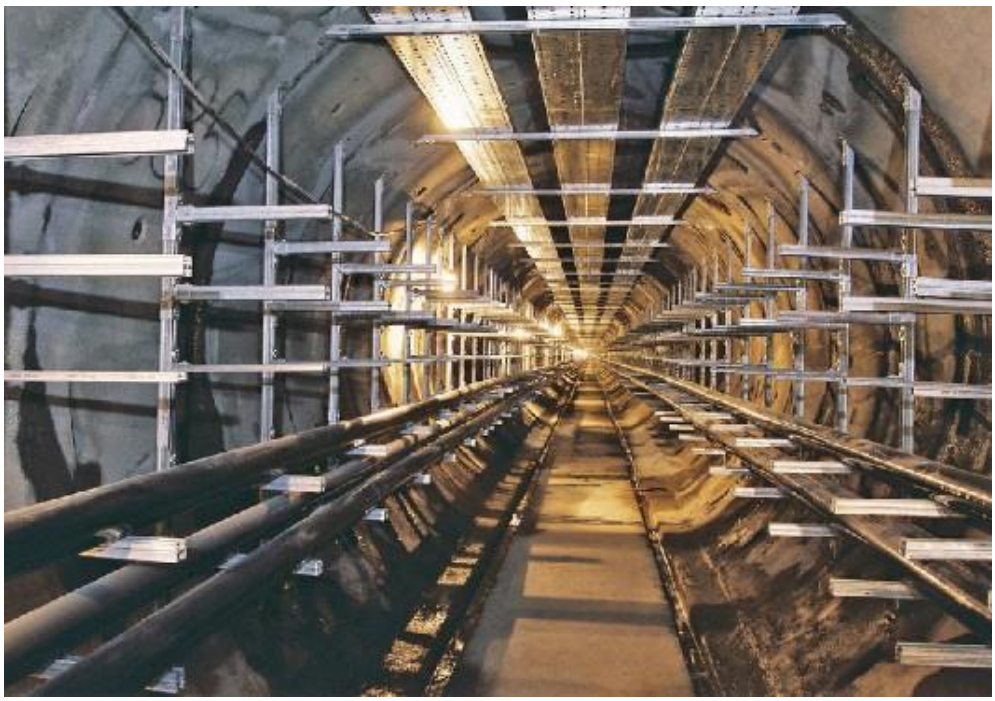


Рис. 14.6. Підземні комунікації.

Також складність цього проекту полягає в погодженні з всіма зацікавленими організаціями, як державними так і приватними, але за дотримання всіх правил та за витримки всіх допустимих відстаней між кабельною лінією та іншими мережами, погодити цей проект можна буде дуже швидко.

Ще одна складність при проектуванні електричних мереж напругою 0,4-10 кВ це – кадастрові межі земельних ділянок (рис. 14.7). Так, як в наш час не є проблемою купівля чи продаж земельної ділянки, це дуже впливає на прийнятті рішень при проектуванні, що стосується розміщення електричних мереж. Точніше цю ситуацію можна описати наступним прикладом.

Рис. 14.7. Кадастрова карта.

Приклад: Перед початком проектування лінії зовнішнього електропостачання ми детально вивчаємо кадастрові межі земельних ділянок, що знаходяться поруч місця проектування мережі і згідно з актуальною інформацією місце для розташування лінії електропередач є і ми починаємо проектну роботу. В той час, як ми проводимо проектування даної електричної мережі, а також її погодження із зацікавленими організаціями ми бачимо оновлення актуальної інформації по кадастровій карті України і тепер згідно проекту, запроектована лінія електропередачі проходить через приватну земельну ділянку. Згідно з нормативними документами, нам необхідно переробити проекту документацію, та знайти інший шлях для забезпечення нашого споживача електричною енергією.

Таким чином, можна сказати, що при проектуванні електричних мереж є дуже велика кількість різноманітних питань, але завдяки кваліфікованим працівникам можливо вирішити будь-яке питання.

5. Програмне забезпечення для проектування електричних мереж

Як було зазначено вище, програмне забезпечення пришвидшило, покращило та полегшало процес проектування електричних мереж. Наразі є безліч програм а допомогою яких можна виконувати проектування електричних мереж. У цьому розділі я розповім детально про найпопулярніше програмне забезпечення.

1. AutoCAD Electrical. AutoCAD Electrical – це той самий AutoCAD але з певними розширеннями до доповненнями для інженерів-електриків. Містить повний стандартний набір інструментів AutoCAD, до яких додані спеціалізовані інструменти для автоматизації створення схем та 2D креслень компонування шаф та монтажних панелей, а також автоматичної генерації звітів.

Основні особливості даного програмного забезпечення це -спеціалізовані функції для розміщення та редагування компонентів, побудови кількох ланцюгів за одну операцію, з'єднання їх на різних аркушах, параметричне створення компонентів, використання баз даних та графічних меню, автоматичне позначення складових частин та авто нумерація ланцюгів значно прискорюють створення наступних типів схем: електричні принципові, однолінійні, пневматичні, гідравлічні, схеми з'єднань та КВП.

2. xSpider — це система проектування, яка дає змогу промальовувати низьковольтні мережі, обладнані обладнанням для захисту електричних кіл. Програмне забезпечення надає проектувальникам та інженерам інструмент планування, який забезпечує дотримання сучасних стандартів та урахування рівнів ризику утворення дугового розряду. Усі розрахунки проведено згідно зі стандартами IEC. Система обчислює падіння напруги, розподіл навантаження та струми короткого замикання для радіальної, а також сітчастої мережі та здійснює подальшу перевірку придатності кабелів та захисного обладнання.

3. КОМПАС - призначений для проектувальників, конструкторів, інженерів, а також для керівників проектів у різних галузях:

промисловому та цивільному будівництві, енергетиці, проектуванні систем життєзабезпечення та об'єктів інфраструктури.

Програмний продукт корисний:

- проектанту для створення робочих креслень,
- інженеру для оформлення креслень, виконання деталювання, розміщення пояснень,
- підприємству підвищення якості та стандартизації випускається проектної документації.

Гнучкість налаштування системи дозволяє виконувати різні завдання користувача, пов'язані з випуском документації. А підтримка поширених форматів DXF/DWG дозволяє організовувати ефективний обмін даними з іншими креслярсько-графічними системами.

КОМПАС - дозволяє організаціям підвищити якість документації, що випускається, і при цьому уникнути значних витрат.

3. SICAME Smartline це програма для проектування електричних мереж напругою 0,4 – 35 кВ. Ця програма розповсюджується безкоштовно і легко встановлюється як замінник плагін AutoCAD. Після встановлення у AutoCAD з'явиться нова палітра з вкладками типових рішень з типових проектів. Після прокладання ліній електропередач та розстановки опор проектувальник може сформувати специфікацію на обладнання та вставити її на креслення у формі таблиці або експортувати у тектовий документ.

Переваги даної програми:

- Скорочення часу проектування;
- Зниження кількості помилок під час проектування;
- Поліпшення якості вихідної документації;
- Стандартизація використовуваних рішень усередині підприємства та відділу проектувальників;
- Можливість використання спільної мережевої бази проектних рішень для проектування електричних мереж;
- Актуалізація типових проектів виробником арматури для СІП SICAME;

6. Приклад проекту з проектування електричних мереж 0, 4 - 10 кВ

Розглянемо приклад оформлення проекту стандартного типу приєднання, в яких розробляється реконструкція лінії електропередачі напругою 0,4 кВ та реконструкція трансформаторної підстанції напругою 10/0,4 кВ для приєднання до електричних мереж електроустановок індивідуального житлового будинку. Для повного та всебічного розуміння я прокоментую кожний розділ проекту та наведу необхідну для цього інформацію.

Аналіз проектної документації:

1. Проект починається з головного титульного аркуша, на якому вказується:

   - Назва проектної організації;
   - Повна назва проектної документації;
   - Кількість томів. Для прикладу: Том 1 – Пояснювальна записка, Том 2 – Креслення, Том 3 – Кошторисна документація;
   - Печать керівника проектів;
   - Печать головного інженера проекту.

2. Після головного титульного аркуша йде титульна сторінка для першого тому, на якій вказується:

   - Назва проектної організації;
   - Повна назва проектної документації;
   - Назва тому, який розгядається;
   - Печать головного інженера проекту.

3. Далі розглядається том 1, починаючи із змісту на якому вказуються головні розділи цього тому. До прикладу:

   - Зміст;
   - Склад проекту;
   - Підтвердження ГІП

- Відомість про учасників проектування;
- Пояснювальна записка.

4. Тепер розглядаємо все згідно змісту. Наступний розділ – Склад проекту, в якому вказуються найменування та позначення до кожного тому проектної документації.

5. Наступний розділ - Підтвердження ГІП. У цьому розділі Головний Інженер Проекту своєю печаттю затверджує, що в даному робочому проекті всі технічні рішення по спорудах, конструкціях, устаткуванню і технологічній частині прийняті та розроблені в повній відповідності з чинними на дату випуску проекту нормами, правилами і стандартами.

6. На наступній сторінці мова йдеться про всіх учасників проектування і називається цей розділ - Відомість про учасників проектування. У цьому розділі вказується:

   - Найменування розділу проекту;
   - Посада особи, котра виконувала той чи інший розділ;
   - Ініціали та прізвище особи, котра виконувала той чи інший розділ;
   - Підпис особи, котра виконувала той чи інший розділ

7. Далі розглядається розділ - Пояснювальна записка. Даний розділ починається з змісту в якому вказується назви пунктів розділу, а саме:

   - Загальні дані;
   - Пояснювальна записка;
   - Визначення класу наслідків об’єкту будівництва;
   - Визначення тривалості будівництва об’єкта;
   - Будівельні рішення;
   - Охорона праці та техніка безпеки;
   - Оцінка впливу на навколишнє середовище;
   - Перелік документів на які здійснено посилання.

А також на сторінці де розміщується зміст до цього розділу, вказуються додатки до проектної документації, а саме:

- Заява про приєднання електроустановки фізичної особи;
- Технічні умови стандартного приєднання до електричних мереж електроустановок;
- Технічні вимоги до проекту на зовнішнє електропостачання.

Після цього розглядаються по порядку пункти котрі наведені у змісті до розділу. Наведу деяку інформації з кожного з цих пунктів

Загальні дані:

В даному пункті вказується інформація на підставі якої розробляється проектна документація, а саме:

- Заява про приєднання електроустановки фізичної особи;
- Договір про стандартне приєднання до електричних мереж;
- Технічні умови стандартного приєднання електроустановок;
- Технічних вимог до проекту на зовнішнє електропостачання;

Також наводиться інформація про характеристику об’єкта проектування та технічні показники об’єкта.

Пояснювальна записка.

Вказується про передбачені об’єми робіт, які показані на кресленнях, а також деякі правила та норми, до прикладу.

Відстань по вертикалі від самоутримних проводів ПЛІ за найбільшої стріли провисання до поверхні землі в населеній і ненаселеній місцевості або до проїзної частини вулиці повинна бути не менше ніж 5,0 м. У важкодоступній місцевості цю відстань можна зменшувати до 2,5 м, а в недоступній місцевості (схили гір, скелі) – до 1 м.

У разі перетину непроїзної частини вулиці відгалуженнями до вводів у будівлі (споруди) відстань від СІП до тротуарів і пішохідних доріжок за найбільшої стріли провисання має бути не менше ніж 3,5 м. У разі неможливості дотримання зазначеної відстані встановлюють додаткову опору або ввідну конструкцію на будівлі (споруді).

Відстань по вертикалі від СІП відгалуження вводу в будівлю (споруду) до поверхні землі перед конструкцією вводу має бути не менше ніж 2,75 м.

Відстань по вертикалі від неізольованих проводів ПЛ до поверхні землі в населеній і ненаселеній місцевостях і до проїзної частини вулиці за найбільшої стріли провисання повинна бути не менше ніж 6,0 м. У важкодоступній місцевості цю відстань може бути зменшено до 3,5 м, а в недоступній місцевості (схили гір, скелі) – до 1 м.

Допускається проходження ПЛІ над дахом (покрівлею) промислових будівель і споруд (крім зазначених у главах 4 і 5 НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок») за умови, що відстань від покрівлі до СІП становить не менше ніж 2,5 м.

Відстань у просвіті від СІП до даху будівель малих архітектурних форм (торговельні павільйони, намети, кіоски, фургони тощо), на даху яких унеможливлене перебування людей, повинна бути не менше ніж 0,5 м.

Відстань по горизонталі від неізольованих проводів ПЛ за умови їх невідхиленого положення до елементів будівель і споруд має бути не менше ніж 2 м (охоронна зона).

У разі розташування будівель і споруд в охоронній зоні ПЛ відстань по горизонталі від проводів ПЛ за їх найбільшого відхилення до елементів цих будівель і споруд має бути не менше ніж:

1,5 м – до балконів, терас і вікон;

1,0 м – до глухих стін будівель і споруд.

У разі неможливості дотримання цих умов треба використовувати СІП з виконанням умов 2.4.52 ПУЕ 2017 р.

Найменшу відстань від проводів лінії електропередавання до поверхні землі, води або до споруд різного призначення в разі проходження над ними визначають за найвищої температури повітря без урахування нагріву проводів електричним струмом.

Прокладання СІП по стінах будівель і споруд необхідно виконувати таким чином, щоб вони були недосяжними для дотику з місць, де можливе часте перебування людей (вікна, балкони, ґанок тощо). Від зазначених місць СІП повинен знаходитися на відстані, не меншій ніж:

у разі горизонтального прокладання:

– 0,3 м – над вікном або над вхідними дверима;

– 0,5 м – під вікном або під балконом;

– 2,75 м – до землі;

у разі вертикального прокладання:

– 0,5 м – до вікна;

– 1,0 м – до балкона, вхідних дверей.

Відстань у просвіті між СІП і стіною будівлі або споруди має бути не менше ніж 0,06 м. Прокладати СІП по стінах вибухо- і пожежонебезпечних будівель і споруд (АЗС, газорозподільних станцій тощо) не допускається.

Наступним підпунктом розповідається про заземлення та захист від перенапруг.

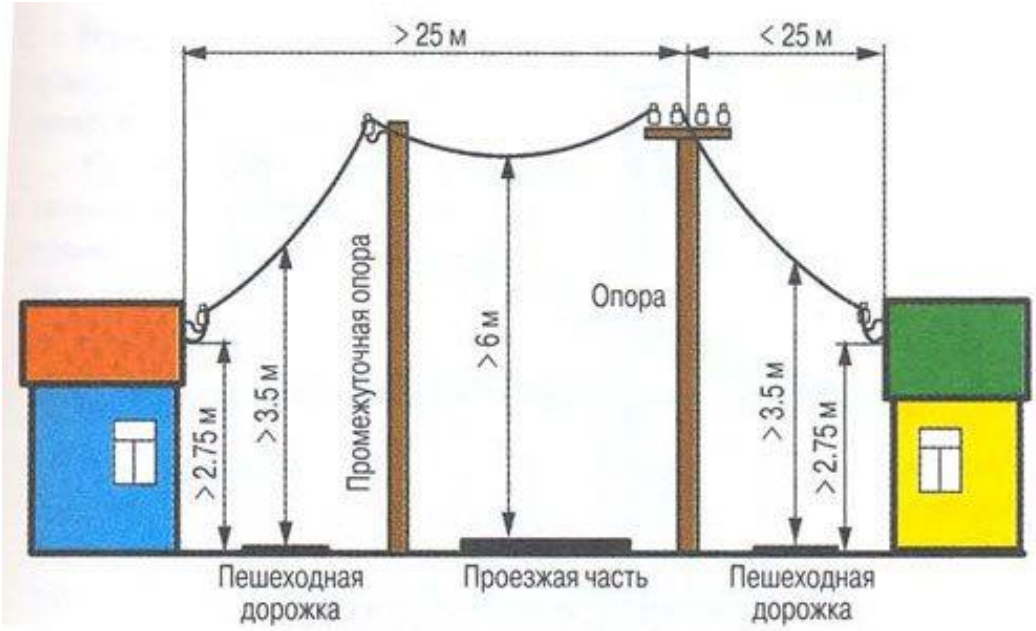
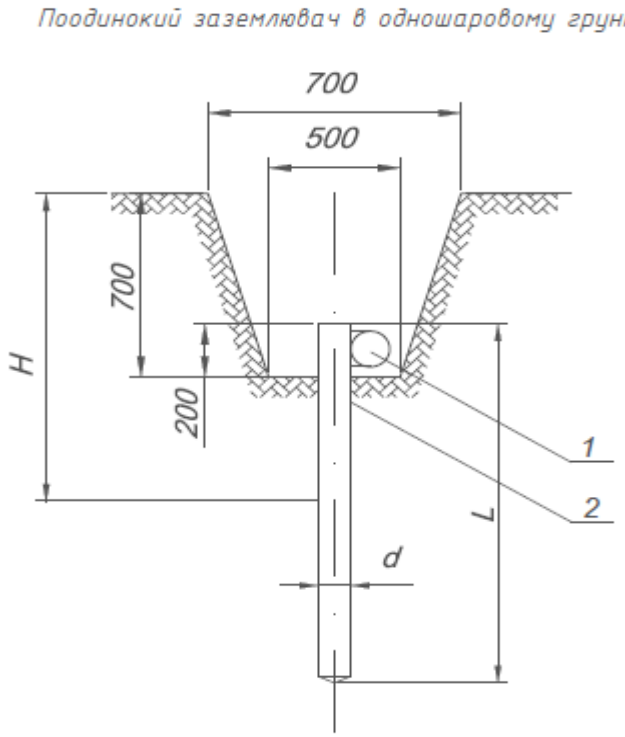


Рис. 14.8. Відстані від лінії електропередачі.

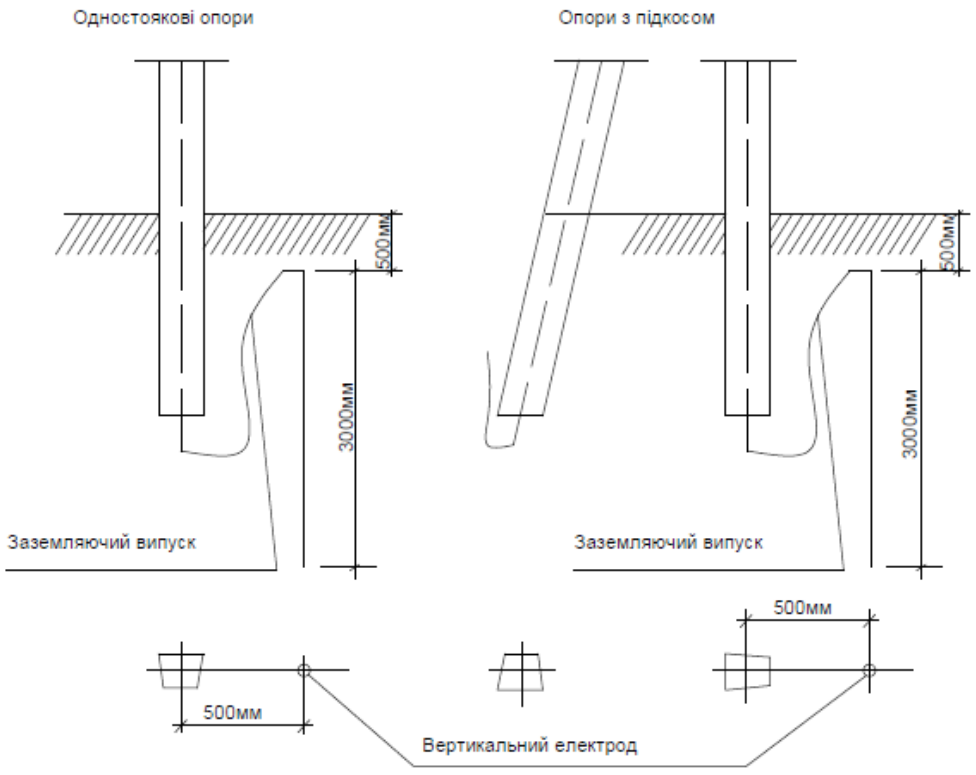
Заземленню підлягають всі металеві частини обладнання та устаткування, що за нормальних умов роботи електроустановки не проводять електричний струм, а при виникненні аварійних ситуацій можуть потрапити під його дію.

Всі залізобетонні опори ПЛІ-0,4 кВ і лінійну арматуру заземлити шляхом приєднання до верхнього заземлювального випуску опори з допомогою з'єднувального провідника ЗП (алюмінієвий дріт перерізом 16 мм2). На опорах з підкосами ЗП приєднати до верхнього заземлювального випуску стійки опори та підкосу.

Опір заземлювального пристрою повинен відповідати вимогам п. 2.4.34 та 2.4.37 ПУЕ 2017р і становити не більше - 30 Ом. При питомому опорі грунту більше 100 Ом*м допускається збільшувати вказані норми в 0,01 разів, але не більше ніж в 10 разів. Нормовані величини опору повинні забезпечуватись в любу пору року.



Креслення 14.2. Заземлення опори 0,4 кВ.



Креслення 14.3. Заземлення опори 10 кВ.

Визначення класу наслідків об’єкту будівництва:

В даному пункті розглядаються наступні питання:

1) Можлива небезпека для здоров’я і життя людей, які постійно (або періодично) перебувають на об’єкті.

2) Можлива небезпека для життєдіяльності людей, які перебувають зовні об’єкта.

3) Обсяг можливого економічного збитку.

Визначення тривалості будівництва.

Тривалість будівництва визначається згідно з наступними формулами:

Тривалість будівництва $Т_б$ у місцях визначають за формулою:

$$Т_б = \frac{Т_С \cdot К_1 \cdot К_2}{Кз},$$

де $Т_С$ – усереднений показник тривалості будівництва, 1;

$К_2$ – коефіцієнт, який враховує сукупність конструктивних особливостей будівлі, 1;

$К_з$ – коефіцієнт, який враховує прийняті організаційно-технологічні заходи, що впливають на тривалість будівництва, 1,1;

$К_1$ – коефіцієнт, який враховує сукупність конкретних умов зведення об’єкта визначають за формулою:

$$К_1 = К_{11} \cdot К_{12} \cdot К_{13},$$

де $К_{11}$ – коефіцієнт, при здійсненні будівництва в звичайних інженерно-геологічних умовах, 1;

$К_{12}$ – коефіцієнт, який враховує будівництво в сейсмонебезпечних умовах становить, 1,1;

$К_{13}$ – коефіцієнт, який характеризує ступінь впливу умов ущільненої забудови на тривалість будівництва і визначається за формулою:

$$К_{13}=1+(П_1+П_2+П_3),$$

де $П_1$ – коефіцієнт, при враховує стиснені умови складування матеріалів або неможливість складування на будівельному майданчику для нормального забезпечення матеріалами робочих місць, 0,6;

$П_2$ – коефіцієнт, при враховує наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж, 0,15;

$П_3$ – коефіцієнт, при враховує інтенсивність руху транспорту та пішоходів поблизу місця проведення робіт, 0,25;

Будівельні рішення.

Будівельними рішеннями з приєднання до електричних мереж електричних установок є:

- На кінцевих опорах використати анкерне кріплення проводів.
- На проміжних опорах використати проміжне кріплення проводів.
- На кутових опорах використати кутове анкерне кріплення проводів.

Траса запроектованих ПЛІ 0,4 кВ намічена камерально на плані та уточнена на місцевості шляхом детального рекогносцирувального обстеження та візуального трасування.

Кут перетину з вулицями (проїздами) не нормується. У разі проходження ПЛІ уздовж вулиці допускається розташовувати проводи над проїзною частиною.

Елементи і деталі опор ПЛІ 0,4 кВ захистити від корозії згідно з вимогами п. 2.5.19 ПУЕ 2017р.

Траса ЛЕП 0,4 кВ з техніко-економічної точки зору і вимог нормативно-технічних документів вибирається найкоротшою.

Всі будівельні та монтажні роботи повинні виконуватись кваліфікованим персоналом з дотриманням вимог відповідних діючих будівельних норм і правил. Споживачу слід укласти договір на обслуговування з спеціалізованими організаціями.

Охорона праці та техніка безпеки.

Для забезпечення охорони праці, техніки безпеки необхідно, щоб будівельні, монтажні, налагоджувальні роботи та експлуатація електроустановок виконувалась спеціалізованим підрозділом з відповідними допусками і з дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009, НПАОП 40.1-1. 01-97, ПТБ і ПТЕ.

Охорона праці і техніка безпеки при будівництві та експлуатації запроектованих об'єктів забезпечується відповідністю всіх прийнятих проектних рішень вимогам ПУЕ 2017 та СНиП 3.05.06-85, що враховують умови безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж, вибухів та захист людей від ураження електричним струмом.

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки проектом передбачається:

- використання, технічно досконалого обладнання;

- розташування устаткування, що забезпечує його вільне обслуговування;

- використання при будівельно-монтажних роботах машин і механізмів, в конструкції яких закладено принципи охорони праці;

- будівництво контуру заземлення з наступним приєднанням до останього всіх металевих виробів і конструкцій устаткування і обладнання, що за нормальних умов роботи не знаходяться під напругою;

- виконання монтажних робіт згідно з робочими кресленнями і планами;

- застосування типових конструкцій опор лінії електропередачі;

- високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт.

Оцінка впливу на навколишнє середовище.

При розробленні розділу ОВНС застосовані наступні нормативні документи:

1. ДБН А.2.2-1-2003 “Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. Основні положення проектування;

2. Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища”;

3. Закон України “Про екологічну експертизу”;

4. Державні санітарні Норми і Правила захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань. К., 1996 (ДСН 239-96) та зміни до них згідно Наказу МОЗ України №2760 від 30.11.2020.

Технологічний процес будівництва та експлуатації запроектованого об'єкта є безвідхідним і не супроводжується шкідливими викидами в

навколишнє природне середовище (як повітряне, так і водне), а рівень шуму і вібрації, які можуть створюватись обладнанням, не перевищують допустимих величин.

У зв'язку з цим проведення повітряно-, грунто- та водоохоронних заходів по зниженню рівня виробничого шуму і вібрації даним проектом не передбачено.

Захист від впливу електричних та електромагнітних полів від устаткування, передбаченого проектом для ліній напругою до 110 кВ не вимагається.

Перелік документів на які здійснено посилання.

Це останній пункт розділу – Пояснювальна записка. В даному пункті наводяться нормативні та наукові документи на основі яких було провелено проектування даного об’єкту.

8. Після закінчення Том 1 в проект додають додатки, а саме:

- Заява про приєднання електроустановки фізичної особи;
- Договір про стандартне приєднання до електричних мереж;
- Технічні умови стандартного приєднання електроустановок;

9. Після додатків в проектній документації розміщають том 2 (Креслення).

Цей том розпочинають з сторінки під назвою - складу проекту.

На сторінці – склад проекту, розміщають інформацію про найменування кожного аркуша креслення

Також в цьому розділі розташовують такі креслення:

- План приєднання споживача до електричних мереж. Це креслення винесемо окремо для огляду (див. аркуш 4.1,4.2,4.3 креслення);
- Поопорна схема мережі (схема 14.1);

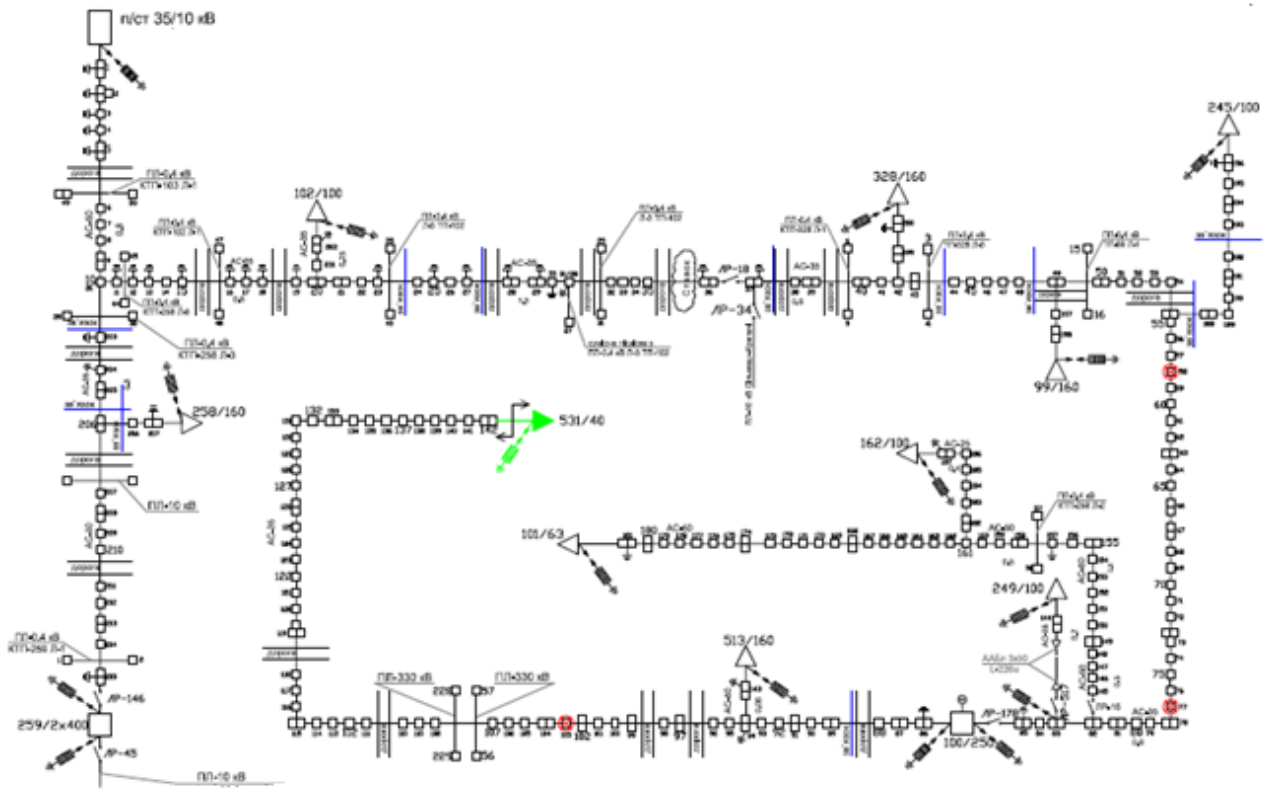


Схема 14.1. Однолінійна схема електропостачання 10 кВ.

- Розрахунки падінь наруги на лінії (табл. 14.1);

Розрахунок падіння напруги в лінії в нормальному режимі

початок ділянки	кінець ділянки	Коеф.завант.	cosφ	Встановлена п-ть, кВА	Встановлена п-сть, А	Сумарна потужність в кВА	Акт.пот. Pi,кВт	Реакт.пот.Qi ,кВар	Струм, А	Актив.опір.r, Ом/км	Індукт.опір.x, Ом/км	Марка пров.,каб.	Довжина Li,км	Втрати по ділянкам Δui,%	Втрати в мер Δui,%
ГПС	5	0,4335	0,92	0	101,5	1756	706,2	300,8	44,3	0,85	0,32	АС-50	0,40	0,21	0,21
5	10	0,4335	0,92	953	101,5	1756	706,2	300,8	44,3	0,60	0,32	АС-50	0,40	0,21	0,42
10	15	0,4335	0,92	0	46,4	803	320,6	136,6	20,1	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,09	0,50
15	20	0,4335	0,92	100	46,4	803	320,6	136,6	20,1	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,09	0,59
20	25	0,4335	0,92	0	40,6	703	280,7	119,6	17,6	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,08	0,67
25	30	0,4335	0,92	0	40,6	703	280,7	119,6	17,6	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,08	0,75
30	35	0,4335	0,92	0	40,6	703	280,7	119,6	17,6	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,08	0,83
35	42	0,4335	0,92	63	40,6	703	280,7	119,6	17,6	0,79	0,33	АС-35	0,42	0,11	0,94
42	45	0,4335	0,92	0	37,0	640	255,5	108,9	16,0	0,79	0,33	АС-35	0,18	0,04	0,98
45	49	0,4335	0,92	100	37,0	640	255,5	108,9	16,0	0,79	0,33	АС-35	0,24	0,06	1,04
49	55	0,4335	0,92	0	31,2	540	215,6	91,8	13,5	0,79	0,33	АС-35	0,36	0,07	1,11
55	60	0,4335	0,92	0	31,2	540	215,6	91,8	13,5	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,06	1,17
60	65	0,4335	0,92	0	31,2	540	215,6	91,8	13,5	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,06	1,23
65	70	0,4335	0,92	0	31,2	540	215,6	91,8	13,5	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,06	1,29
70	75	0,4335	0,92	0	31,2	540	215,6	91,8	13,5	0,79	0,33	АС-35	0,30	0,06	1,35
75	82	0,4335	0,92	150	31,2	540	215,6	91,8	13,5	0,79	0,33	АС-35	0,42	0,08	1,44
82	83	0,4335	0,92	100	22,5	390	155,7	66,3	9,8	0,79	0,33	АС-35	0,06	0,01	1,44
83	ТП-100	0,4335	0,92	250	16,8	290	115,8	49,3	7,3	0,79	0,33	АС-35	0,12	0,01	1,46
ТП-100	94	0,4335	0,92	0	2,3	40	16,0	6,8	1,0	0,60	0,32	АС-50	0,48	0,01	1,46
94	104	0,4335	0,92	0	2,3	40	16,0	6,8	1,0	0,60	0,32	АС-50	0,60	0,01	1,47
104	114	0,4335	0,92	0	2,3	40	16,0	6,8	1,0	0,60	0,32	АС-50	0,60	0,01	1,48
114	124	0,4335	0,92	0	2,3	40	16,0	6,8	1,0	0,60	0,32	АС-50	0,60	0,01	1,48
124	134	0,4335	0,92	0	2,3	40	16,0	6,8	1,0	0,60	0,32	АС-50	0,60	0,01	1,49
134	142	0,4335	0,92	40	2,3	40	16,0	6,8	1,0	0,60	0,32	АС-50	0,48	0,01	1,50
Всього				1756									8,66		1,50

Табл. 14.1. Розрахунок падінь напруги в мережі 10 кВ.

- Розрахунок потужності силового трансформатора;

Приклад рохзрахунку:

Від ТП 10/0,4 кВ, потужність якого становить S=160 кВА будуть живитися 4 юридичних споживачів та 39 фізичних споживачів із загальною потужністю 326,1 кВт.

Враховуючи коефіцієнт одночасності k=0,8 – для юридичного споживача та k=0,183 – для фізичних споживачів та максимально дозволену потужність споживачів отримаємо:

$$P_{роз} = (P_{П1} + P_{П2} + \ldots + P_{Пi}) * k_{од(1+2+\cdots i)} = 251{,}6 * 0{,}8 + 74{,}5 * 0{,}183 = 214{,}91 \text{ кВт}$$

де $P_{П1}$, $P_{П2}$, $P_{ПІ}$ – питомі розрахункові навантаження на вводі жител побутових споживачів, кВт; $К_{од(1+2+\ldots+i)}$– коефіцієнт одночасності визначений для фізичних споживачів;

Розрахункове навантаження підстанції рівне:

$$S_{роз} = P_{роз}/\cos\varphi = 214{,}91/0{,}92 = 233{,}6 \text{ кВА}$$

де $\cos\varphi = 0{,}92$ - згідно ДБН В.2.5-23:2010 Таблиця 3.6;

Завантаження трансформатора складає:

$$\frac{S_{роз}}{S_{трансф.}} * 100\% = \frac{233{,}6}{160} * 100\% = 146\%$$

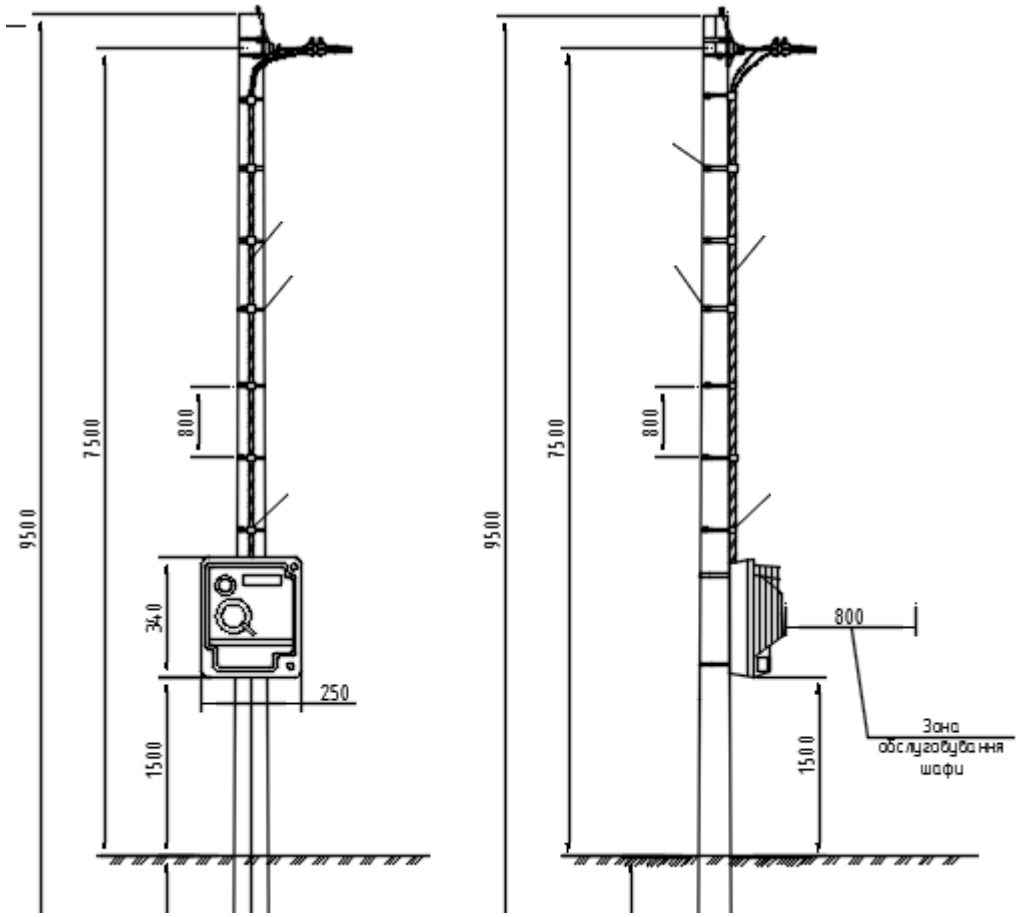
Отже, трансформатор потребує заміни. Виконати заміну КТП. В КТП-проект. прийнято до встановлення силовий трансформатор потужність якого становитиме S=250 кВА.

Завантаження трансформатора складає:

$$\frac{S_{роз}}{S_{трансф.}} * 100\% = \frac{233{,}6}{250} * 100\% = 93{,}44\%$$

Отже, трансформатор працюватиме в нормальному режимі.

•Розміщення щита обліку на опорі (креслення 14.4);



Креслення 14.4. Щит обліку на опорі.

•Заземлення опор (креслення 2, креслення 3);

• Кріплення проводів на опорах. Данні креслення наведенів типових проектах;

В кінці проекту розташовують аркуші – специфікація обладнання, виробів та матеріалів, де описуються всі матеріали які необхідні для виконання проекту.

На останніх аркушах проекту розташовують – відомість об’ємів робіт. На цих аркушах прописують послідовність основних дій при виконанні проекту.

Висновки до індивідуального завдання

Після ознайомлення з інформацією, котра наведена в цій доповіді маємо загальне розуміння про проектування загалом, та про сучасні тенденції в проектуванні електричних мереж напругою 0,4-10 кВ. Також ознайомилися зі змістом проекту зовнішнього електропостачання.

Також, зараз я можу сказати, що електричні мережі дуже швидко модернізуються завдяки новітнім програмам. Наразі в процесі розробки є щонайменше 10 перспективних програмних забезпечень, котрі зможуть збільшити якість проектної документації та зменшити час, який потрібен для розробки проектів.

Список літератури

1. В. Є. Шестеренко, О. В. Шестеренко «Електропостачання промислових підприємств» Київ-2013.
2. О. М. Сірий, В. Є. Шестеренко «Розрахунки при проектуванні та реконструкції систем електропостачання промислових підприємств», Київ-2013.
3. Б. Н. Неклепаев, И. П. крючков « Электричиская часть сттанций и подстанций» Москва -2015.
4. https://electrograd.org/ua.
5. HTTPS://YUZHCABLE.COM.UA.

					ДП 2022 141			
Змн	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Ріпа М. Ю.			Література	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірив		Мащенко О.А						
Т.Контр.						ННІТІ ім.акад.Гулого І.С. ЕЛ 4-3		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М						