

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) ННІТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра Електропостачання і електроменеджменту**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан
факультету)

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 2022р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Балюта С.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«___» _____ 2022р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Електротехніка та електротехнології»

_____ на тему: «Розробка СЕП Татарбунарського виноробного
заводу.»

_____ Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ 5-5ск

Штефан Вадим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

Керівник Ізволеньський Ігор Євгенович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (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 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 «Електротехніка та електротехнології»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

“ ” 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Штефана Вадима Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи « Розробка СЕП Татарбунарського виноробного заводу.»

керівник роботи ст. викладач Ізволєнський Ігор Євгенович,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від 01.11.2021 року № 859-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25.01.2022р.

3. Вихідні дані до роботи Призначення підприємства і його розміри., перелік споживачів і їх потужність. Розташування технологічного обладнання в цеху. Освітлення цеху.

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

Вибір силових трансформаторів цеху.

Вибір кількості і потужності силових пунктів. Розрахунок перерізу кабелів.

Вибір автоматичних вимикачів. Розрахунок струмів КЗ. Розгляд питань охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план підприємства

2. Схема електропостачання механічного цеху

3. Схема освітлення механічного цеху

4. Схема релейного захисту трансформатора.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 12.11.2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проект	12.11.2021р	
2	Вступ	13.11.2021р	
3	Коротка характеристика електроприймачів .	18.11.2021р	
4	Визначення повної потужності підприємства.	23.11.2021р	
5	Вибір схеми елетропостачання.	28.11.2021р	
6	Вибір кількості і потужності трансформаторів.	05.12.2021р	
7	Вибір місця розташування ТП.	10.12.2021р	
8	Вибір компенсуючих пристроїв.	15.12.2021р	
9	Розрахунок струмів КЗ на шинах ВН.	20.12.2021р	
10	Розрахунок струмів КЗ на шинах НН ТП.	25.12.2021р	
11	Розрахунок релейного захисту кабельної лінії.	02.01.2022р	
12	Розрахунок освітлення рем. Механічного цеху.	06.01.2022р	
13	Розрахунок цехової силової мережі.	10.01.2022р	
14	Спецпитання.	14.01.2022р	
15	Охорона праці	17.01.2022р	
16	Список літератури	20.01.2022р	
17	Здача дипломного проекту на перевірку	25.01.2022р	

Здобувач

(підпис)

Штефан В.В.

Керівник роботи

(підпис)

Ізволеньський І.Є.

Анотація

Штефан Вадим Володимирович. Дипломний проект на тему :
« Розробка СЕП Татарбунарського виноробного заводу. »

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2022
141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 11 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проекту становить 95 сторінок .

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень : генеральний план підприємства, схема електропостачання підприємства, схема електропостачання цеху, освітлювальної мережі.

У проекті розглянуто характеристику підприємства і надано опис технологічного процесу. Виконано розрахунки електричних навантажень і побудовано картограму навантажень. Розраховано трансформатори підстанції, а також розраховані кількість і потужність цехових трансформаторів.

Виконано розрахунок робочих струмів і обрано відповідні кабелі. Для системи електропостачання заводу виконано розрахунок струмів короткого замикання. Обрано електричні апарати захисту і управління. Розраховано кількість і тип обладнання для компенсації реактивної потужності.

Окремим розділом розглянута можливість застосування резервного живлення на заводі.

Ключові слова : понижувальна підстанція, силовий трансформатор, струми короткого замикання, апарати захисту, компенсація реактивної потужності.

Abstract

Shtefan Vadym Volodymyrovych. Diploma project on the topic :
" Development of SEP Tatarbunary Winery "

National University of Food Technologies, Kiev -2022

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

The added explanatory note consists of an introduction, 11 sections and a list of used literature. The project is 95 pages .

The description includes a graphical part consisting of four drawings: the general plan of the enterprise, the scheme of electricity supply of the enterprise, the scheme of electricity supply of the workshop, the lighting network.

The project examines the characteristics of the enterprise and provides a description of the technological process. Calculations of electrical loads were performed and load cartogram was built. Transformers of the main substation are calculated, as well as the calculated number and power of the department transformers. The calculation of operating currents was performed and the corresponding cables were selected. For the power supply system of the plant, the calculation of short-circuit currents was performed. Electrical protection and control devices are selected. The number and type of equipment for reactive power compensation was calculated.

A separate section considers the possibility of using backup power at the plant.

Keywords : low-power substation, power transformer, short-circuit currents, protection devices, reactive power compensation.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Короткий опис технологічного процесу підприємства... ..	8
2. Визначення електричних навантажень по об'єкту	14
2.1. Коротка характеристика споживачів електроенергії	14
2.2. Короткий опис прийнятого розрахунку електричного навантаження	15
2.3. Визначення повного навантаження виробництва	21
2.4. Визначення повної потужності підприємства	22
3. Вибір схем електропостачання, місця розташування ТП, кількості і потужності силових трансформаторів	24
3.1.Коротка характеристика джерел живлення	24
3.2. Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень	25
3.3 Уточнення місця розташування ТП	28
3.4. Визначення кількості і потужності силових трансформаторів	29
3.5.Обґрунтування реконструкції РП-10 кВ	30
3.6. Уточнення схеми електропостачання заводу	31
4. Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв	33
5. Розрахунок струмів короткого замикання	38
5.1. Розрахунок струмів короткого замикання на шинах ВН ТП.....	38
5.2. Розрахунок струмів короткого замикання на шинах НН ТП (точка К2)	41
6. Вибір устаткування для частини системи електропостачання, що реконструюється	44

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Штефан В.В</i>						
Перевірів		<i>Ізволеньський</i>					5	
Зав.кафедр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

6.1. Устаткування сторони вищої напруги	44
6.2. Устаткування сторони низької напруги	52
7. Релейний захист кабельної лінії 10 кВ	57
8. Розрахунок цехової силової мережі	61
9. Розрахунок електроосвітлення ремонтно-механічного цеху.....	64
10. Спецпитання.	67
11. Розробка заходів з охорона праці та техніки безпеки.....	83
Список літератури.....	

					ДП 2022 141	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

У зв'язку з відпрацюванням технічних ресурсів електроустаткування, із розширенням виробництва та зростанням навантажень технологічних процесів значна кількість підприємств в Україні потребує реконструкції електрогосподарства.

Для раціонального використання матеріальних та трудових ресурсів, досягнення високих і стабільних темпів росту об'єму виробництва необхідно проводити технічне та технологічне переобладнання виробничого процесу. Велику роль відіграє економне використання енергетичних ресурсів.

На підприємствах необхідно запроваджувати автоматизовані системи обліку електроенергії і управління електроспоживачами. Це дасть можливість здійснити технічний обмін використаної електроенергії, що в свою чергу створить умови для правильного використання і можливості її економії.

Остання реконструкція тут проводилась в 1975 р. Електрообладнання, що експлуатується, у зв'язку з довгим терміном його використання та відпрацюванням технічного ресурсу (зокрема силових трансформаторів), з розширенням виробництва потребує заміни на нове, яке в свою чергу забезпечить надійність в експлуатації системи електропостачання.

В проекті детально розглянуте спецпитання розрахунку режиму реальних електричних мереж, яке може бути використане для розрахунків у повному обсязі режимів роботи систем електропостачання промислових об'єктів.

					ДП 2022 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ.	Арк.	Аркушів	
Розробив	Штефан В.В								
Перевірів	Ізволеньський						7		
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск			
Н. Контр.									
Затвердив	Балюта С.М								

1. Короткий опис технологічного процесу підприємства

Виноматеріали для шампанізації поступають на завод необробленими. Їх обробка проводиться безперервним способом.

По можливості для одержання великих однорідних партій, виноматеріали асамблюють (з'єднують у великі однорідні партії в межах одного сорту, року врожаю, підприємства).

Наступної доби, при вмісті заліза більше 4 мг/дм³, вино обробляється водним розчином залізистосинеродистого калію з метою вилучення залишкових важких металів.

Після проведення технологічних операцій асамбляж залишають у тій самій ємкості для освітлення методом відстоювання терміном не більше 20 діб.

Освітлені виноматеріали декантують через фільтр, рідкі осади негайно фільтрують. Фільтрат об'єднують з основною масою вина. Густі осади знищують.

Одержаний оброблений асамбльований виноматеріал направляють на зберігання до часу купажування чи на витримку, як резерв. Витримка асамбльованих виноматеріалів повинна проводитися в умовах, які не допускають збагачення їх киснем повітря і набуття ними різноманітних вад.

Для досягнення найвищих ароматичних і смакових якостей ігристого вина, яке повинно відповідати вимогам стандарту, проводять об'єднання асамбльованих партій у купажі.

Після закінчення витримки і перевірки лабораторією заводу всіх показників з якості, вино під тиском двоокису вуглецю фільтрують на спеціальних ізобаричних та ізотермічних фільтрах із зберіганням

					ДП 2022 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Опис технологічного процесу		
Розробив	Штефан В.В						
Перевірив	Ізволеньський						
Н. Контр.							
Затвердив	Балюта С.М						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						8	
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		

установлених в акратофорі параметрів тиску і температури.

Профільтроване вино подають на розлив, додаючи до нього, при необхідності, експедиційний лікер.

Лікер вводять у резервуар перед обробкою вина холодом. Спосіб введення лікеру повинен забезпечувати рівномірний розподіл його по всьому об'єму вина. Охолоджене вино рекомендується фільтрувати при температурі невище, як мінус 3 °С і тиску не нижче 350 кПа у проміжний, попередньо охолоджений приймальний резервуар, з якого потім вже без фільтрації направляють вино на розлив, але не раніше, як після 6 годин відпочинку при вищевказаних температурі і тиску.

Звільнений від вина резервуар готують до нового завантаження бродильною сумішшю. Розрахунковий цикл обороту акратофору, враховуючи миття, завантаження, заброджування, бродіння і розлив, складає 30 діб.

Резервуарний безперервний спосіб виробництва шампанських вин

Шампанізація вина у безперервному потоці здійснюється у системі послідовно з'єднаних апаратів, ретельно промитих 1,5-2 %-ним розчином соди чи іншими миючими засобами, гарячою і холодною водою, прийнятих мікробіологом заводу та перевірених на герметичність гідравлічними випробуваннями.

Установка складається із такого основного обладнання:

- апаратів для шампанізації вина у кількості 7 - 8 штук (лінія шампанізації), останній апарат виконує функції біогенератора (заповнений насадкою);
- теплообмінного апарату для охолодження шампанізованого вина;
- термос-резервуару для витримки охолодженого шампанізованого вина (заповнений насадкою);
- приймального апарату для створення резерву готового до розливу ігристого вина;
- фільтру для фільтрації шампанізованого вина.

					ДП 2022 141	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Місткість біогенератора і термос-резервуару приймають (за винятком об'єму, який займає насадка) із врахуванням обробки вина у потоці в цих апаратах не менше 36 годин і 24 години відповідно.

Продуктивність кожної бродильної лінії (за витратою бродильної суміші і дріжджів) встановлюють, враховуючи кількість резервуарів у лінії і їх місткість, але не вище за таку, при якій коефіцієнт потоку перевищує 0,00245, що відповідає мінімальній тривалості бродіння 17 діб. Коефіцієнт визначається за формулою:

$$K = \frac{V_0}{V_1},$$

де V_0 — кількість бродильної суміші і дріжджів, яка поступає у перший бродильний резервуар за годину, далі;

V_1 — загальна ємкість бродильних резервуарів у лінії, далі.

З формули кількість бродильної суміші і дріжджів:

$$V_0 = K \cdot V_1,$$

Апарати для шампанізації вина, біогенератори, термос-резервуари при необхідності перезаряджають.

Після знекиснення купаж піддають тепловій обробці: нагрівають до температури 50 - 60 °С і витримують при цій температурі 5-24 години. У процесі теплової обробки у вино вносять резервуарний лікер із розрахунку вмісту цукру у бродильній суміші 22 г/дм³. Потім суміш охолоджують до температури 10-15 °С, фільтрують (сепарують), після чого направляють на шампанізацію. Одночасно (перед надходженням у перший бродильний апарат) у бродильну суміш вводять дріжджову розводку з розрахунку вмісту 3-5 млн. клітин в 1 см³.

Завантаження лінії шампанізації починають з біогенератора, потім бродильну суміш подають у бродильні апарати від останнього до першого з інтервалами завантаження 2-4 доби (після зброджування 3-4 г/дм³ цукру).

					ДП 2022 141	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технохімічний і мікробіологічний контроль у пусковий період бродіння в кожному резервуарі проводять так само, як і при періодичному методі шампанізації.

Пуск потоку проводять після початку заброджування у першому резервуарі бродильної батареї і досягнення потрібних кондицій шампанського (за цукром і тиском вуглекислоти) в останньому бродильному резервуарі.

До моменту пуску потоку напірні резервуари заповнюють фільтрованою бродильною сумішшю, а лікерні — експедиційним лікером, і

Перед пуском потоку піднімають тиск у газових камерах основних резервуарів (напірного, дріжджового, лікерного і приймального), використовуючи балонний двоокис вуглецю, на 0,2 - 0,3 кг/см² вищий за тиск, рівний концентрації двоокису вуглецю в останніх бродильних резервуарах.

Підтримуючи тиск на рівні 500 кПа, послідовно з'єднують бродильні резервуари, вилучаючи з них, а також із трубопроводів і теплообмінників, газ в атмосферу. Пуск об'єднаного потоку здійснюють за допомогою відкривання вентиля перед приймальним резервуаром.

У процесі шампанізації, яку проводять при температурі не вище, як 15 °С, повинно бути зброджено цукру не менше 18 г/дм³. При цьому вторинне бродіння проводять з таким розрахунком, щоб в кожному бродильному апараті зброджувалося приблизно однакова кількість цукру.

Шампанізоване вино, яке виходить з останнього бродильного апарату, направляють у біогенератор для збагачення його продуктами життєдіяльності дріжджів.

При виході із біогенератора шампанізоване вино охолоджують до температури мінус 3 - мінус 4 °С і направляють у термос-резервуари для витримки, яку проводять при цій температурі. Після витримки шампанізоване вино фільтрують в ізотермічних умовах і направляють у приймальні апарати.

					ДП 2022 141	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дозування вина експедиційним лікером до потрібних кондицій за вмістом цукру проводиться одним із прийнятих способів.

У приймальних апаратах готове ігристе вино витримують не менше 6 годин, після чого направляють на розлив у пляшки (рис.1.1.) При необхідності вино при цьому фільтрують.

Розлив шампанського у пляшки.

Шампанське розливають у нові пляшки. Для укупорювання використовують поліетиленову (коркову) пробку. Для надійного зберігання пробку закріплюють мюз-ле. Температура розливу шампанського -1°C і на вище. Перед розливом пляшки миють на пляшкомиючій машині. Розчин для миття містить у собі 0,5-0,9% лугу. Після миття пляшки перевіряють на наявність у них залишкового лугу за допомогою фенолфталеїну. Далі відбувається розлив вина у пляшки при ізобарно-ізотермічних умовах.

Температура не вище -1°C , тиск 400-500 кПа, рівень налива вина $8\pm 1\text{ см}$ від краю горловини.

Пастеризація пляшок.

Операція замінює довготривалий і місткий процес контролю витримки шампанського. Проходячи пастеризацію пляшки зрошуються водою.

Система зрошення складається з 5 зон:

Попередній підігрів $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$

Нагрівання перед пастеризацією $t_2 = 40^{\circ}\text{C}$

Пастеризація $t_3 = 40-50^{\circ}\text{C}$

Попереднє охолодження $t_4 = 36^{\circ}\text{C}$

Охолодження $t_5 = 20^{\circ}\text{C}$

Бракераж і оформлення пляшок

Після пастеризації пляшки з шампанським проходять бракеражний контроль. З конвеєра знімаються пляшки з тріщинами, включеннями, не щільно закриті. Потім горло пляшки оформлюється металевою фольгою (ковпачком) на фольговочному автоматі.

					ДП 2022 141	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На етикетировочному автоматі нижній край фольги закривають кольєреткою. Наклеюють етикетку, контретикетку, де вказується номер партії і дата виготовлення. На етикетці вказується найменування вина, марка вина, найменування підприємства-виробника, товарний знак, місткість пляшки.

Далі пляшка іде на упаковку у короба, по 6 та по 12 пляшок у коробці.

					ДП 2022 141	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Визначення електричних навантажень по об'єкту

2.1. Коротка характеристика споживачів електроенергії

Електричні навантаження - це вихідні дані для вирішення важкого комплексу технічних та економічних питань, які виникають при проектуванні електричного постачання підприємства.

За ступенями надійності електропостачання, електроприймачі заводу відносяться до II категорії.

Споживачами електроенергії є асинхронні електродвигуни технологічного та сантехнічного обладнання, що складають 70% від загального використання електроенергії, а також лампи розжарювання, люмінесцентні та ртутні лампи електроосвітлення.

Потужність двигунів на підприємстві змінюється в межах від найбільшого - 200 кВт до найменшого - 0,11 кВт.

Найбільші споживачі розташовані у компресорній. У аміачній компресорній знаходяться 2 двигуна потужністю 160 кВт, один двигун потужністю 200 кВт та 4 аміачних компресора потужністю по 100 кВт. У повітряній компресорній знаходяться синхронний двигун потужністю 132 кВт, 2 асинхронних двигуна потужністю 75 кВт, один – 55 кВт та інші двигуни менших потужностей.

Розподіл електроенергії по заводу здійснюється на напрузі 0,4 кВ. Напругу 380/220 В прийнято для електродвигунів, 220 В - для світильників робочого та аварійного освітлення, 36, 12 В - для ремонтного освітлення.

					ДП 2022 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення електричних навантажень		
Розробив		<i>Штефан В.В</i>					
Перевірив		<i>Ізволенський</i>					
Н. Контр.							
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						14	
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		

2.2. Короткий опис прийнятого розрахунку електричного навантаження

Розрахунок навантажень здійснюється для вибору та перевірки струмоведучих елементів (шин, кабелів, проводів), силових трансформаторів, а також для розрахунку втрат, коливань та відхилень напруг, вибору релейного захисту, сигналізації та компенсуючих пристроїв.

Для визначення розрахункових навантажень підприємства використовуємо метод коефіцієнта максимуму. Розрахунок навантажень ведеться за найнавантаженішу зміну, під час якої є найбільшим споживачем електричної енергії.

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = K_B \cdot K_M \cdot P_H, \text{ кВт}$$

де: P_{CM} - середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт; P_H - сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт; K_M - коефіцієнт максимуму навантаження; K_B - коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП. Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як сума номінальних потужностей окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H_i}$$

Середня активна та реактивна потужності за найзавантаженішу зміну для групи ЕП одного режиму роботи визначається:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H;$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM},$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - функція від характерного $\cos \varphi$ для даної групи ЕП.

Коефіцієнт максимуму K_M активної потужності визначається для різних

					ДП 2022 141	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коефіцієнтів використання за довідковими таблицями в залежності від ефективного числа ЕП або за залежностями $K_M = f(n_e)$, при $K_B = 0,1 \div 0,9$, в залежності від величини групового коефіцієнту використання та зведеного числа електроприймачів n_e .

У загальному виді ефективне число ЕП :

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_H \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_H^2};$$

Для спрощення розрахунків вводиться поняття коефіцієнту максимуму:

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}};$$

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо $m \leq 3$. При $m > 3$ і $K_B \geq$

0,2 :

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}},$$

де: $P_{H \max}$ - потужність найбільшого ЕП групи, якщо $n_e > n$, то слід прийняти $n_e = n$.

При $m > 3$ та $n_e < 4$ - розрахункове навантаження приймається рівним:

$$P_p = \beta \cdot P_H, \text{ кВт};$$

де β - коефіцієнт завантаження, який дорівнює 0,9 - для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та 0,75 - для електроприймачів повторно-короткочасного режиму роботи.

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% потужності всієї групи, не враховується в виразах для m . Методика визначення розрахункової реактивної потужності залежить від значення n_e :

$$n_e > 10; Q_p = Q_{см}, \text{ кВар};$$

$$n_e < 10; Q_p = 1,1 Q_{см}, \text{ кВар};$$

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

2.3. Визначення повного навантаження виробництва

2.3.1. Приклад розрахунку навантаження котельні

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найнавантаженишу зміну цеха.

Сумарна встановлена потужність електроприймачів котельні складає 241,4 кВт;

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H = 0,3 \cdot 241,4 = 72,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{cm} = 72,4 \cdot 0,75 = 54,3 \text{ кВар}.$$

Знаходимо значення m :

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} = \frac{30}{3} = 10;$$

Визначаємо ефективне число електричних приймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}} = \frac{2 \cdot 241,4}{30} = 16,$$

Для визначення розрахункової потужності P_p , знаходимо коефіцієнт максимуму, [3]:

$$K_M = f(n_e; K_B); \quad K_M = 1,09.$$

Знаходимо P_p й Q_p цеху:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = 1,09 \cdot 72,4 = 78,9 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{CM} = 54,3 \text{ кВар},$$

тому що $n_e > 10$.

Визначаємо повне розрахункове навантаження електроприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{78,9^2 + 54,3^2} = 95,78 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

					ДП 2022 141	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів заводу і результати зводяться у табл. 2.1.

2.3.2. Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається потужність яка витрачається на освітлення:

$$P_{p.o} = P_{num} \cdot F,$$

де: $P_{p.o}$ - розрахункове освітлювальне навантаження, кВт;

F - площа приміщення, м².

Приймаємо по [1]:

для освітлювання виробничих приміщень:

$$P_{num} = 10 \div 15 \text{ Вт/м}^2;$$

для допоміжних виробничих приміщень:

$$P_{num} = 8 \div 10 \text{ Вт/м}^2;$$

для складів:

$$P_{num} = 4 \text{ Вт/м}^2;$$

Визначаємо потужність яка витрачається на освітлення котельні:
загальна площа приміщення: $F=510 \text{ м}^2$,

$$P_{p.o} = 510 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 5,1 \text{ кВт}.$$

Аналогічно розраховуємо потужність яка витрачається на освітлення інших цехів та виробничих приміщень і результати заносимо у табл. 2.2.

2.2. Короткий опис прийнятого розрахунку електричного навантаження

Розрахунок навантажень здійснюється для вибору та перевірки струмоведучих елементів (шин, кабелів, проводів), силових трансформаторів, а також для розрахунку втрат, коливань та відхилень напруг, вибору

					ДП 2022 141	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

релейного захисту, сигналізації та компенсуючих пристроїв.

Для визначення розрахункових навантажень підприємства використовуємо метод коефіцієнта максимуму. Розрахунок навантажень ведеться за найнавантаженішу зміну, під час якої є найбільшим споживачем електричної енергії.

Для даного підприємства відомі кількість, паспортні дані та режим роботи обладнання. Тому розрахункові навантаження визначають за формулою:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = K_B \cdot K_M \cdot P_H, \text{ кВт}$$

де: P_{CM} - середнє навантаження за найнавантаженішу зміну групи електроприймачів однакового режиму, кВт; P_H - сумарна встановлена потужність електроприймачів (ЕП) цієї групи, кВт; K_M - коефіцієнт максимуму навантаження; K_B - коефіцієнт використання.

За цією формулою визначаємо розрахункове активне навантаження групи ЕП. Групова встановлена потужність групи (ЕП) даного цеху визначається, як сума номінальних потужностей окремих ЕП, тобто:

$$P_H = \sum_{i=1}^n P_{H_i}$$

Середня активна та реактивна потужності за найзавантаженішу зміну для групи ЕП одного режиму роботи визначається:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H;$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM},$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - функція від характерного $\cos \varphi$ для даної групи ЕП.

Коефіцієнт максимуму K_M активної потужності визначається для різних коефіцієнтів використання за довідковими таблицями в залежності від ефективного числа ЕП або за залежностями $K_M = f(n_e)$, при $K_B = 0,1 \div 0,9$, в залежності від величини групового коефіцієнту використання та зведеного числа електроприймачів n_e .

У загальному виді ефективне число ЕП :

					ДП 2022 141	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n P_H \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_H^2};$$

Для спрощення розрахунків вводиться поняття коефіцієнту максимуму:

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}};$$

Ефективне число електроприймачів приймається рівним дійсному їх числу, якщо $m \leq 3$. При $m > 3$ і $K_B \geq 0,2$:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}},$$

де: $P_{H \max}$ - потужність найбільшого ЕП групи, якщо $n_e > n$, то слід прийняти $n_e = n$.

При $m > 3$ та $n_e < 4$ - розрахункове навантаження приймається рівним:

$$P_p = \beta \cdot P_H, \text{ кВт};$$

де β - коефіцієнт завантаження, який дорівнює 0,9 - для електроприймачів тривалого режиму роботи електрообладнання та 0,75 - для електроприймачів повторно-короткочасного режиму роботи.

ЕП, сумарна потужність яких не перевищує 5% потужності всієї групи, не враховується в виразах для m . Методика визначення розрахункової реактивної потужності залежить від значення n_e :

$$n_e > 10; Q_p = Q_{см}, \text{ кВар};$$

$$n_e < 10; Q_p = 1,1 Q_{см}, \text{ кВар};$$

Після визначення електричних активних та реактивних навантажень, визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2.3. Визначення повного навантаження виробництва

2.3.1. Приклад розрахунку навантаження котельні

Визначення середньої активної та реактивної потужності за найнавантаженішу зміну цеха.

Сумарна встановлена потужність електроприймачів котельні складає 241,4 кВт;

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H = 0,3 \cdot 241,4 = 72,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{CM} = 72,4 \cdot 0,75 = 54,3 \text{ кВар}.$$

Знаходимо значення m :

$$m = \frac{P_{H \max}}{P_{H \min}} = \frac{30}{3} = 10;$$

Визначаємо ефективне число електричних приймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_H}{P_{H \max}} = \frac{2 \cdot 241,4}{30} = 16,$$

Для визначення розрахункової потужності P_p , знаходимо коефіцієнт максимуму, [3]:

$$K_M = f(n_e; K_B); \quad K_M = 1,09.$$

Знаходимо P_p й Q_p цеху:

$$P_p = K_M \cdot P_{CM} = 1,09 \cdot 72,4 = 78,9 \text{ кВт};$$

$$Q_p = Q_{CM} = 54,3 \text{ кВар},$$

тому що $n_e > 10$.

Визначаємо повне розрахункове навантаження електроприймачів:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{78,9^2 + 54,3^2} = 95,78 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Аналогічно розраховується навантаження для інших цехів заводу і результати зводяться у табл. 2.1.

					ДП 2022 141	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2. Розрахунок освітлювального навантаження підприємства

Виходячи з питомої потужності, що витрачається на одиницю освітлення площі виробничих корпусів і складів, визначається потужність яка витрачається на освітлення:

$$P_{p.o} = P_{num} \cdot F,$$

де: $P_{p.o}$ - розрахункове освітлювальне навантаження, кВт;

F - площа приміщення, m^2 .

Приймаємо по [1]:

для освітлювання виробничих приміщень:

$$P_{num} = 10 \div 15 \text{ Вт}/m^2;$$

для допоміжних виробничих приміщень:

$$P_{num} = 8 \div 10 \text{ Вт}/m^2;$$

для складів:

$$P_{num} = 4 \text{ Вт}/m^2;$$

Визначаємо потужність яка витрачається на освітлення котельні:

загальна площа приміщення: $F=510 \text{ м}^2$,

$$P_{p.o} = 510 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 5,1 \text{ кВт}.$$

Аналогічно розраховуємо потужність яка витрачається на освітлення інших цехів та виробничих приміщень і результати заносимо у табл. 2.2.

2.4. Визначення повної потужності підприємства

Враховуючи економічно обгрунтовані величини реактивної потужності, яку енергосистема може передавати промисловим підприємствам у період максимуму та мінімуму навантаження енергосистеми $Q_{e1}=0,2 \cdot Q_p$ і $Q_{e2}=0$ розрахункова потужність визначається за формулою:

					ДП 2022 141	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + (0.2 \cdot Q_p)^2} = \sqrt{1260^2 + (0.2 \cdot 568)^2} = 1265 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Таблиця 2.2.

№ п/п	Найменування приміщень	F, м ²	P _{нит} , Вт/м ²	P _{р.о} , кВт
1	Цех шампанізації	3598.5	15	53.98
2	Виноматеріальні цеха	4282.85	10	42.83
3	Посудо-тарний цех, склад готової продукції	1452	8	11.62
4	Компресорна	1176.2	10	11.76
5	Котельна	510	10	5.1
6	Ремонтно-механічний цех	955.9	10	9.56
7	Столярний цех	454.8	8	3.64
8	Мюзельний цех	250	8	2
9	Гараж, прачечна	881.96	8	7.06
10	Водоспоживання	123	8	0.98
11	Адмінкорпус	635.66	15	9.53
12	Склади	2831.02	4	11.32
	Усього по підприємству	17151.89		169.4

3. Вибір схем електропостачання, місця розташування ТП, кількості і потужності силових трансформаторів

3.1.Коротка характеристика джерел живлення

Схема зовнішнього електропостачання підприємства складається з кабельних введів вищої напруги, комутаційних апаратів, силових трансформаторів та ліній низької напруги.

Так як джерела живлення та потужність, що споживається, знаходяться в межах пропускної здатності ліній 10 кВ, то електроенергія підводиться до розподільчого пункту, який служить для прийому та розподілення електроенергії.

На території заводу розміщена окремо розташована існуюча трансформаторна підстанція потужністю 2х630 кВА міський номер ТП-3930 із відбудованим розподільчим щитом 10 кВ і щитом 0,4 кВ.

Розподільчий щит складається із 8 комірок типу КСО-386 по 4 комірки на кожну секцію, з'єднаних шинним містком. В приміщенні щита 10 кВ є місце для розміщення чотирьох додаткових комірок.

Електропостачання здійснюється двома вводами від ТП-3779, ТП-5066 на I секцію шин і двома вводами від ТП-4270 та РП-146 на II секцію шин (рис. 3.1).

В ТП-3930 встановлені 2 трансформатори потужністю 630 кВА в окремих камерах від яких виконано живлення 0,4 кВ. Щит встановлено в окремому приміщенні і він складається з 10 панелей типу ЩО-70. Вільного місця для встановлення додаткового щита 0,4 кВ немає.

Електропостачання будівель і споруд заводу виконано кабельними лініями від щита 0,4 кВ ТП-3930.

Для підключення електроспоживачів головного корпусу, цеха готової продукції і виносховища 1, 2, 3 в будівлі виносховища № 2 розміщена

					ДП 2022 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір схеми електропостачання		
Розробив		<i>Штефан В.В</i>					
Перевірів		<i>Ізволеньський</i>					
Н. Контр.							
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			Літ. Арк. Аркушів 24 ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		

електрощитова, яка в свою чергу живлення одержує від щита 0,4 кВ ТП-3930.

Магістральні мережі живлення до будівель і споруд заводу прокладається в землі по території заводу.

У зв'язку з відпрацюванням технічного ресурсу ТП 2х630 кВА і з розширенням виробництва та зростанням навантаження технологічного процесу встановлюється нова КТП.

3.2. Побудова картограми навантажень та визначення центру електричних навантажень

Для полегшення роботи щодо розміщення підстанції на генеральний план підприємства, наноситься картограма навантажень. Картограма навантажень являє собою кола. Для кожного цеха креслиться коло, центр якого збігається з центром навантажень цеха. Кожне коло поділяється на сектори, які відповідають освітлювальному навантаженню та силовому. Користування картограмою навантажень робить роботу з розміщення підстанції найточнішою і дозволяє запобігти серйозним похибкам.

Для кожного цеха креслиться своє коло. Центр електричних навантажень можна прийняти співпадаючим з центром ваги фігури, що зображає корпус підприємства на плані. Підстанцію слід розмістити, як найближче до центра навантажень. Таке розміщення підстанції дозволяє звести до мінімуму протяжність мереж, втрати енергії та коливання напруги.

Кола на картограмі навантажень відповідають у певному масштабі розрахунковому навантаженню. Площі кіл пропорційні навантаженням, а центри збігаються з центрами навантажень окремих цехів.

Кола поділяються на сектори, площі яких у певному масштабі відповідають певному типу навантажень:

- а) розрахункове навантаження електроприймачів;
- б) розрахункове освітлювальне навантаження.

На генплані підприємства довільно проводяться вісі координат і знаходяться координати центра навантажень цехів.

					ДП 2022 141	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Координати умовного центру електричних навантажень визначаємо, виходячи з виразу:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i}$$

де x_0, y_0 - координати електричних навантажень підприємства; x_i, y_i - координати електричних навантажень i -го цеху; P_i - розрахункове навантаження i -го цеху.

При побудові картограми враховуємо тільки активні навантаження.

$$P_i = P_p + P_0,$$

де P_0 - розрахункове навантаження внутрішнього освітлення споруд:

$$P_0 = K_c \cdot P_{н.о.},$$

де K_c - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$P_{н.о.}$ - номінальна напруга освітлювального навантаження, яка дорівнює:

$$P_{н.о.} = P_{пит.} \cdot F, \text{ кВт},$$

де $P_{пит.}$ - питоме освітлювальне навантаження, Вт/м²; F - площа приміщення, м²

$$F = a \cdot b \cdot c \cdot m^2,$$

де a - довжина будинку, м; b - ширина будинку, м; c - кількість поверхів;

m - масштаб за генпланом, $m = 1 : 500$.

Радіус кола i -го цеха можна визначити за формулою:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m' \cdot \pi}},$$

де m' - масштаб площі кола, який вибирається з міркувань наочності картограми, кВт/мм²;

Приймаємо $m' = 0,05$ кВт/мм²;

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\alpha = (P_0/P_p) \cdot 360^\circ.$$

					ДП 2022 141	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.1. Приклад розрахунку центра електричних навантажень котельної

Визначаємо повну розрахункову потужність котельної, (див. табл. 2.1., 2.2.):

$$P_i = P_p + P_0,$$

$$P_i = 78.9 + 5.1 = 84 \text{ кВт.}$$

Визначаємо радіус кола і-го цеха:

$$R_i = \sqrt{\frac{P_i}{m' \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{84}{0.05 \cdot 3.14}} = 23.1 \text{ м.}$$

Кут, що обмежує сектор освітлювального навантаження:

$$\alpha = (P_0/P_p) \cdot 360^\circ = (5.1/80.4) \cdot 360^\circ = 22.3^\circ.$$

Знаходимо відстані відносно осей, побудованих на генплані:

Для котельні – $x_1 = 157 \text{ м}; y_1 = 22.5 \text{ м.}$

Для інших корпусів - дані наведені у табл. 3.1.

Тоді координати умовного центра електричного навантаження:

$$x_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot x_i}{\sum_1^n P_i} = 577 \text{ м}; \quad y_0 = \frac{\sum_1^n P_i \cdot y_i}{\sum_1^n P_i} = 48 \text{ м.}$$

Результати розрахунку зведені у табл. 3.1.

Центр графічних навантажень по заводу:

$$x_0 = 575 \text{ м}; \quad y_0 = 152 \text{ м.}$$

Картограма навантаження приведена на листі 1 графічної частини.

Таблиця 3.1

Найменування приміщень	P_p , кВт	P_0 , кВт	P_i , кВт	α_0	R_i , мм	x_0 , мм	y_0 , мм
Цех шампанізації (гол.корп.)	97.6	53.98	151.58	149.1	31,3	427	53
Виноматеріальні цеха	122.6	42.83	165.43	125.8	32,4	582	120
Посудо-тарнрий цех, склад	16.5	11.62	28.12	203.5	13,4	411	160
Компресорна	513.8	11.76	525.56	8.2	57,9	539	196
Котельна	78.9	5.1	84	23.3	23,1	577	48
Ремонтно-механічний цех	40.9	9.56	50.46	84.1	18	599	259
Столярний цех	11	3.64	14.64	119.1	9,7	577	317
Мюзельний цех	40.7	2	42.7	17.7	16,5	494	402
Гараж, прачечна	19.6	7.06	26.66	129.7	13	740	77
Водоспоживання	173.7	0.98	174.68	3	33,4	231	150
Адмінкорпус	42.9	9.53	52.43	80	18,4	250	34

3.3 Уточнення місця розташування ТП

Трансформаторна підстанція встановлюється ближче до центра електричного навантаження таким чином, щоб вона не заважала технологічному процесу.

Підстанція розташовується найближче до основних споживачів електр енергії. Таке розміщення підстанції дозволяє звести до мінімуму протяжність мереж, втрати енергії та коливання напруги.

Трансформаторну підстанцію КТП-0,4 кВ розташовуємо в існуючій споруді поблизу ТП-3930, в виробничому корпусі, що приближує її до електроприймачів. Вбудована підстанція знаходиться в середині цеху біля його зовнішньої стіни; не має перепон з точки зору архітектурного оформлення цеху або забезпечення необхідних проїздів.

Монтаж та обслуговування здійснюється через зовнішні ворота підстанції.

					ДП 2022 141		Арк.
							28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

3.4. Визначення кількості і потужності силових трансформаторів

При проектуванні підстанцій необхідно правильно та раціонально вибрати потужність та кількість трансформаторів.

Нераціональний вибір викликає додаткові капіталовкладення, підвищує річні витрати, такі як, втрати енергії, так як коефіцієнт корисної дії малих трансформаторів нижче, ніж великих.

В зв'язку з тим, що у відношенні забезпечення безперебійності електропостачання, підприємство відноситься до споживачів II категорії, електропостачання необхідно виконати від трансформаторної підстанції, на якій встановлено два трансформатори.

Потужність трансформаторів вибирають так, щоб при виходу з ладу одного з них, другий з урахуванням додаткових перевантажень, забезпечував живлення всіх споживачів II категорії. Вибір потужності трансформаторів проводиться на основі техніко-економічного розрахунку, виходячи з повного навантаження підприємства.

При виборі потужності трансформаторів слід виходить з раціонального їх навантаження при нормальному режимі роботи.

Значення коефіцієнта навантаження визначається виходячи з можливості подальшого резервування при виході з роботи одного трансформатора з урахуванням допустимого перевантаження трансформатора, що залишився в роботі.

Враховуючи допустиме перенавантаження трансформатора розраховуємо номінальну потужність за формулою:

$$S_{\text{ном.т.розр}} = \frac{S_p}{1,4};$$

$$S_{\text{ном.т.розр}} = \frac{1265}{1,4} = 904 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

					ДП 2022 141	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 1,4 – коефіцієнт, який враховує допустиме перенавантаження трансформатора.

Кількість трансформаторів на КТП:

$$n_T = 2.$$

Обираємо трансформатор з номінальною потужністю найближчою більшою з стандартного ряду номінальних потужностей:

$$S_{\text{ном.т}} = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А} \approx S_{\text{ном.т.розр}} = 904 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

2хТМЗ-1000/10/0,4.

Коефіцієнт завантаження трансформаторів на КТП :

$$\beta_T = \frac{S_p}{S_{\Sigma \text{ном.т}}} = \frac{1265}{2000} = 0,633,$$

$$\text{де } S_{\Sigma \text{ном.т}} = S_{\text{ном.т}} \cdot n_T = 1000 \cdot 2 = 2000 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Рекомендується (до збільшення навантаження по заводу) один силовий трансформатор тримати в технічному резерві. Тоді коефіцієнт завантаження трансформатора:

$$K_3 \leq \frac{S_p}{S_{\text{ном.тт}}},$$

$$K_3 \leq \frac{1265}{1000} \leq 1,27,$$

що допускається конструктивними даними трансформатора.

Інших варіантів вибору трансформаторів бути не може.

3.5. Обґрунтування реконструкції РП-10 кВ

Силові трансформатори 10/0,4 кВ, що встановлені на заводській електропідстанції ТП-3930 експлуатуються з 1974 р. (30 років).

					ДП 2022 141	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Остання реконструкція електрогосподарства проводилась в 1975 р.

Автоматичні вимикачі, що забезпечують захист елементів електромережі від короткого замикання експлуатуються 25-30 років.

Частину кабельних ліній 0,4 кВ потрібно замінити новими кабельними лініями у зв'язку з довгим терміном використання.

Багатолітня експлуатація РУ-0,4 кВ ТП-3930 і РУ-0,4 №2 без реконструкції і поступове збільшення кількості електроприймачів, приєднаних до шин цього РУ, перенасищення панелей РУ вимикачами поверх проектної кількості (в зв'язку з цим прокладка кабельних ліній здійснена в край стиснених умовах з грубими порушеннями ПУЕ) не відповідає безпечній експлуатації електроустановок.

Автоматичні вимикачі, що встановлені в РУ-0,4 кВ №1 і №2 експлуатуються біля 30 років. Їх здатність виконати захист електроустановок в цілому, а також відповідність захисних характеристик паспортним даним заводів-випускників цих апаратів, ніким не гарантується.

У зв'язку з довгим терміном експлуатації та відпрацюванням технічного ресурсу трансформаторів, з розширенням виробництва передбачається реконструкція існуючої ТП-3930, з демонтажем існуючих силових трансформаторів 2х630 кВА.

3.6. Уточнення схеми електропостачання заводу

В існуючій споруді поблизу ТП-3930 проектується нова КТП-10/0,4 кВ з двома трансформаторами потужністю 1000 кВА (із комплектних шаф ШНВ, ШНС, ШНЛ та панелей ЩО-90).

РУ-10 кВ існуючої ТП-3930 реконструюється по схемі виносних трансформаторів, з додатковою установкою двох камер КСО.

Реконструюється і РУ-0,4 кВ з метою максимального збереження зовнішнього кабельного господарства заводу і недопущення повного розриву території діючого підприємства.

					ДП 2022 141	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Панелі щита низької напруги залишено існуючими (з необхідною калібровкою існуючих захисних апаратів, заміною і установкою нових). Живлення від даного щита залишено лише по тих фідерах, що значно “збережуть” існуюче (діюче) кабельне господарство заводу і виключать необхідність земляних робіт на значній частині території.

Таким чином, щоб розвантажити частину приєднань встановлюємо три кабельні збірки (ЗК-5) зовнішнього виконання настінно, на існуючих кабелях, поблизу їх існуючого вводу в РУ-0,4 кВт № 2, яке в свою чергу ліквідується через “старіння” будівлі, рис 3.2 (а).

Кабельні збірки живляться від нової підстанції (панелі ЩО-90) через щит старого ТП-3930.

Підключення збірок виконати існуючими кабелями прокладеними в траншеї від РУ-0,4 кВ № 1 шляхом перезаводки по два кабелі на кожну збірку (без їх розрізання).

Всі інші фідери “старого” РУ-0,4 кВ ТП-3930 переключити на РУ-0,4 кВ нового КТП. Щит підключається до щита КТП (панелі ЩО-90) і навантаження переходить в навантаження нового щита.

					ДП 2022 141	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Визначення необхідної потужності компенсуючих пристроїв

Одним з основних питань, що вирішують при проектуванні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств є питання компенсації реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності з одночасним покращенням якості електроенергії безпосередньо в мережах промислових підприємств являється одним з основних напрямків скорочення втрат електричної енергії та підвищення ефективності електричних установок підприємства.

Встановлення джерела реактивної потужності призводить до зниження втрат в період максимуму навантаження в середньому на 0,08 кВт / кВар.

Оскільки силові обладнання та освітлювальне навантаження розташовані на стороні низької напруги з напругою 0,4 кВ та електричне більш віддалена від джерела живлення, тому передача реактивної потужності в мережу НН потребує збільшення перерізу проводів та кабелів, підвищення потужності силових трансформаторів та супроводжується втратами активної та реактивної потужностей.

Витрати, зумовлені переліченими вище факторами, можна зменшити та навіть ліквідувати, якщо здійснити компенсацію реактивної потужності безпосередньо в мережі НН.

Для вибору компенсуючих пристроїв необхідно визначити втрати реактивної потужності даного підприємства.

Оптимальне значення реактивної потужності, яку доцільно передати через трансформатори ТП [1]:

					ДП 2022 141									
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Визначення потужності компенсуючих пристроїв				Літ.		Арк.	Аркушів		
Розробив	Штефан В.В											33		
Перевірив	Ізволеньський													
Н. Контр.														
Затвердив	Балюта С.М				ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск									

$$Q_T = \sqrt{(n_T \cdot S_{ном.Т} \cdot \beta) - (P_p)^2}, \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 1000 \cdot 0,633)^2 - (1260)^2} = 123 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

де $S_{ном.т} = 1000$ кВА – потужність одного трансформатора на трансформаторній підстанції;

$n_T = 2$ шт – кількість трансформаторів на ТП;

β – коефіцієнт завантаження цехових трансформаторів;

P_p – розрахункова потужність електроприймачів.

Сумарна потужність низьковольтної батареї конденсаторів НБК для даної групи трансформаторів:

$$Q_{нк_1} = Q_p - Q_T;$$

$$Q_{нк_1} = 568 - 123 = 445 \text{ кВар}.$$

Додаткова сумарна потужність НБК для даної групи трансформаторів:

$$Q_{нк_2} = Q_p - Q_{нк_1} - \gamma \cdot n_T \cdot S_T;$$

де, γ - розрахунковий коефіцієнт:

$$\gamma = \frac{K_1}{30} = \frac{11}{30} = 0,36,$$

K_1 – коефіцієнт, що враховує кількість змін роботи підприємства [1].

$$Q_{нк_2} = 568 - 445 - 0,36 \cdot 2 \cdot 1000 = -597 \text{ кВар}.$$

Якщо $Q_{нк_2} < 0$, то приймаємо $Q_{нк_2} = 0$.

Сумарна розрахункова потужність НБК

$$Q_{нк} = Q_{нк_1} + Q_{нк_2};$$

$$Q_{нк} = 455 + 0 = 455 \text{ кВар}.$$

Вибираємо дві конденсаторні установки типу УКМ-0,4-225-37,5 УЗ.

Номінальна потужність 225 кВар; номінальна потужність ступеня регулювання – 37,5 кВар.

					ДП 2022 141	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Розрахунок струмів короткого замикання

Коротким замиканням називають будь-яке непередбачене нормальними умовами роботи з'єднання двох точок електричного кола. Причинами короткого замикання є механічні пошкодження ізоляції, її пробій від перенапруг та старіння, обриви, накиди та перетини проводів, повітряних ліній, помилкові дії обслуговуючого персоналу.

Внаслідок короткого замикання в колі виникають небезпечні для елементів кола струми, які можуть вивести його з ладу. Тому для забезпечення надійності роботи цих мереж, електрообладнання пристроїв релейного захисту проводиться розрахунок струмів короткого замикання.

Місце розташування точок короткого замикання вибираємо таким чином, щоб при короткому замиканні електрообладнання, що перевіряється та провідники знаходились в найбільш не вигідних умовах.

5.1. Розрахунок струмів короткого замикання на шинах ВН ТП

Можливі 4 варіанта живлення заводу. Із рис.3.1 виберемо окремі варіанти кожної лінії електроспоживання від міської мережі та наведемо їх принципові схеми підключення (рис.5.1. - рис.5.4.).

Струми короткого замикання розраховуємо для чотирьох нижче наведених варіантів.

Для розрахунку струмів короткого замикання необхідно скласти схему заміщення. В схему заміщення включені всі елементи зі своїми опорами, приведеними до базових умов.

					ДП 2022 141						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок струмів КЗ	Літ.	Арк.	Аркушів			
Розробив	Штефан										
Перевірів	Ізволеньський						38				
						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск					
Н. Контр.											
Затвердив	Балюта С.М										

Схеми живлення та заміщення ліній електроспоживання приведені на рис. 5.5. – 5.8.

Розрахунок струмів короткого замикання ведемо для I-ї лінії електроспоживання (рис. 5.5.) для т. К₁. Аналогічно приводимо розрахунок для інших точок і результати заносимо в табл. 5.1.

Завод, що проектується отримує електроенергію від системи. За базову потужність для розрахунку струму короткого замикання приймаємо потужність:

$$S_{\delta}=100 \text{ МВ}\cdot\text{А};$$

потужність короткого замикання на шинах джерела живлення:

$$S_{ск}= S_c''=S_{c\infty}=88,8 \text{ МВ}\cdot\text{А},$$

реактивний опір:

$$X_{\delta c}= S_{\delta} / S_{ск},$$

$$X_{\delta c}= 100 / 88,8=1,13.$$

Номінальна напруга:

$$U_H = 10 \text{ кВ}.$$

Опори елементів схеми заміщення кабельної лінії для т.К₁:

- реактивний опір:

$$X_{л} = X_0 \cdot l = 0,081 \cdot 8,74 = 0,708,$$

де X_0 - погонний опір лінії, $X_0 = 0,081 \text{ Ом}$,

l - сумарна довжина кабельної лінії, км,

приведений до базисного:

$$X_{\delta л} = \frac{X_{\delta л} \cdot S_{\delta}}{U_{\delta}^2} = \frac{0,708 \cdot 100}{10^2} = 0,708$$

- активний опір:

$$r_{л} = r_0 \cdot l = 0,271 \cdot 8,74 = 2,369,$$

де r_0 - погонний активний опір лінії, $r_0 = 0,271 \text{ Ом}$,

l - сумарна довжина кабельної лінії, км, приведений до базисного:

					ДП 2022 141	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$r_{\text{бл}} = \frac{r_{\text{бл}} \cdot S_{\text{б}}}{U_{\text{б}}^2} = \frac{2.369 \cdot 100}{10^2} = 2,369$$

результуючий опір до точки короткого замикання:

$$X_p = \sum X,$$

$$X_p = \sum X = 1,84,$$

повний опір:

$$Z_p = \sqrt{r_{\text{бл}}^2 + X_p^2}$$

$$Z_p = \sqrt{1,615^2 + 1,84^2} = 1,669,$$

Потужність короткого замикання:

$$S_p = \frac{S_{\text{б}}}{X_p};$$

$$S_K = \frac{100}{1,84} = 54,3.$$

Періодична складова струму короткого замикання, кА:

$$I = I_{0.0} = I_K = \frac{S_K}{U_n \cdot \sqrt{3}};$$

$$I = I_{0.0} = I_K = \frac{54,3}{10 \cdot \sqrt{3}} = 3,14, \text{ кА.}$$

Амплітуда ударного струму короткого замикання:

$$i_{\text{уд}} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K, \text{ кА};$$

де $K_y = 1,8$ - ударний коефіцієнт [1],

$$i_{\text{уд}} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 3,14 = 8, \text{ кА};$$

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$:

$$B_K = I_{0.0}^2 \cdot t,$$

де t - час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача:

$$t = 0,05 + 0,3 = 0,35 \text{ с.}$$

$$B_K = 3,14^2 \cdot 0,35 = 3,45 \text{ А}^2 \cdot \text{с.}$$

Аналогічно розраховуємо струми короткого замикання для інших трьох

					ДП 2022 141	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

лінії електроспоживання (рис. 5.5. – 5.8) і розрахунок приводимо в табл. 5.1.

5.2. Розрахунок струмів короткого замикання на шинах НН ТП (точка К2)

Орієнтуючись на більш тяжкий випадок струмів короткого замикання високої сторони (див. табл. 5.1.) розраховуємо струми КЗ на стороні 0,4 кВ. Складаємо схему заміщення для даної схеми для напруги 0,4 кВ (рис.5.9.) Розрахунок проводимо в відносних одиницях для II-ї лінії електроспоживання від РП-146.

Приймаємо базову потужність для розрахунку струму короткого замикання:

$$S_{\phi}=100 \text{ МВ}\cdot\text{А};$$

Опори кабельних ліній схеми заміщення, що йдуть від джерела живлення до ТП в приведених одиницях (див табл. 5.1.):

$$r_{л1}^*=0,693, \quad x_{л1}^*=0,64, \quad z_{л1}=0,982;$$

Опори елементів схеми заміщення кабельної лінії що живлять ТП: реактивний опір:

$$x_{л} = x_0 \cdot l;$$

$$x_{л} = 0,081 \cdot 0,085 = 0,007, \quad \text{Ом} \cdot \text{км},$$

де x_0 - погонний опір лінії, $x_0 = 0,081$ Ом [1],

l - довжина кабельної лінії, км; приведений до базисного:

Опори елементів схеми заміщення кабельної лінії що живлять ТП: реактивний опір:

$$x_{л} = x_0 \cdot l;$$

$$x_{л} = 0,081 \cdot 0,085 = 0,007, \quad \text{Ом} \cdot \text{км},$$

де x_0 - погонний опір лінії, $x_0 = 0,081$ Ом [1],

					ДП 2022 141	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l - довжина кабельної лінії, км;

приведений до базисного:

Сумарний розрахунковий опір лінії:

$$x_{\Sigma} = z_{кл1} + z_{кл2};$$

$$x_{\Sigma} = 0,982 + 9,228 = 10,21.$$

Опір трансформаторів:

$$x_T = \left(\frac{U_{\kappa} \%}{100} \right) \cdot \left(\frac{S_{\bar{o}}}{S_{\text{ном.т}}} \right) = \left(\frac{5,3}{100} \right) \cdot \left(\frac{100}{1000} \right) = 0,0053;$$

де $U_{\kappa} \%$ - напруга короткого замикання трансформатора (за паспортними даними $U_{\kappa}=5,32\%$);

$S_{\text{ном.т.}}$ - номінальна потужність трансформатора.

Розрахунковий опір до точки короткого замикання:

$$x_p = x_{\Sigma} + x_T;$$

$$x_p = 10,21 + 0,0053 = 10,215;$$

Потужність короткого замикання:

$$S_p = \frac{S_{\bar{o}}}{x_p};$$

$$S_K = \frac{100}{10,215} = 9,79.$$

Періодична складова струму короткого замикання, кА:

$$I = I_{0.0} = I_K = \frac{S_K}{U_n \cdot \sqrt{3}};$$

$$I = I_{0.0} = I_K = \frac{9,76}{0,4 \cdot \sqrt{3}} = 14,1 \text{ кА}.$$

Амплітуда ударного струму короткого замикання:

					ДП 2022	141	Арк.
							42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$i_{y0} = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K, \text{ кА};$$

де $K_y = 1,4$ - ударний коефіцієнт [1],

$$i_{y0} = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 14,1 = 28 \text{ кА};$$

Розрахунок теплового імпульсу при короткому замиканні, $\text{А}^2 \cdot \text{с}$:

$$B_K = I_{0,0}^2 \cdot t,$$

де t - час дії струму короткого замикання, що дорівнює сумі часу спрацювання релейного захисту та часу спрацювання вимикача:

$$t = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ с.}$$

$$B_K = 14,1^2 \cdot 0,15 = 30 \text{ А}^2 \cdot \text{с.}$$

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

6. Вибір устаткування для частини системи електропостачання, що реконструюється

6.1. Устаткування сторони вищої напруги

Всі види комутаційних апаратів повинні відповідати умові оточуючого середовища за місцем їх установки. Номінальні параметри вибраної апаратури

(струм, напруга, потужність відключення) повинні відповідати визначеним значенням в нормальному режимі та при короткому замиканні.

При виборі комутаційних апаратів порівнюємо розрахункові дані з допустимими значеннями.

6.1.1. Перевірка устаткування сторони ВН живильних підстанцій

Камера 10 кВ, шкафного виконання типу КСО-366-ЗНУЗ, $I_H = 630$ А з вимикачами навантаження ВНЗ-16 – 4 шт.

Перевіримо можливість використання вимикачів навантаження живильних підстанцій від кабельних ліній. Складаємо таблицю порівняння розрахункових

даних з допустимими, табл. 6.1.1.

Номінальна напруга вимикача– 10 кВ.

Номінальний струм вимикача – 400 А

Розрахунковий струм:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір устаткування для системи електропостачання			
Розробив		<i>Штефан В.В</i>						
Перевірив		<i>Ізволеньський</i>						
Н. Контр.								
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			Літ. Арк. Аркушів 44 ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск			

$$I_p = \frac{1265}{\sqrt{3} \cdot 10} = 73 \text{ А.}$$

Вимикач навантаження ВНЗ-16.

Таблиця 6.1.1.

Розрахункові дані від				Допустимі значення
РП-146	ТП-4270	ТП-3779	ТП-5066	
U _н = 10 кВ	U _н = 10 кВ	U _н = 10 кВ	U _н = 10 кВ	Ууст = 10 кВ
Ір.ф. = 73 А	Ір.ф. = 73 А	Ір.ф. = 73 А	Ір.ф. = 73 А	Ід.н. = 400 А
Ік.з. = 9,02 кА	Ік.з. = 3,14 кА	Ік.з. = 8,23 кА	Ік.з. = 4,64 кА	Ід.ст. = 30 кА
В = 28,5 кА ² с	В = 3,45 кА ² с	В = 23,7 кА ² с	В = 7,54 кА ² с	І ² _τ · τ = 250 кА ² с

Розрахунковий фактичний струм до трансформатора:

$$I_{p.ф} = \frac{S_{н.тп}}{\sqrt{3} \cdot U_H};$$

$$I_{p.ф} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А.}$$

Камера 10 кВ, шкафного виконання типу КСО-366-4НУЗ, І_н = 630 А з вимикачами навантаження ВНП-10/630-20зпЗ – 2 шт (табл 6.1.2.) і запобіжниками ПКЗ-10/100/100-12,5УЗ (табл 6.1.3.).

Вимикач навантаження ВНП-10/630-20зпЗ

Таблиця 6.1.2.

Розрахункові дані	Допустимі значення
U _н = 10 кВ	Ууст = 10 кВ
Ір.ф. = 57,7 А	Ід.н. = 630 А
Ік.з. = 9.02 кА	Ід.ст. = 20 кА
В = 28,5 кА ² с	І ² _τ · τ = 100 кА ² с

Запобіжник ПКЗ-10/100/100-12,5УЗ

					ДП 2022 141	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1.3.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{ap} = 10 \text{ кВ}$	$= U_{мер} = 10 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 57,7 \text{ А}$	$\leq I_{н.плавк.вст.} = 100 \text{ А}$

Роз'днувач типу РВЗ 10/400-ШУЗ

Таблиця 6.1.3.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_H = 10 \text{ кВ}$	$U_{уст} = 10 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 73 \text{ А}$	$I_n = 400 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 9.02 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 41 \text{ кА}$
$B = 28,5 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 3721 \text{ кА}^2\text{с}$

6.1.2. Вибір та перевірка кабельних ліній 10 кВ

Для нормальної передачі електроенергії необхідно правильно вибрати переріз кабелів.

Кабельні лінії повинні забезпечувати постачання приймачів електроенергією, забезпечувати необхідну пропускну здатність, мати температуру в допустимих границях.

Можливі варіанти живлення заводу здійснюються 4 кабельними лініями 10 кВ, табл. 6.2.1.

Таблиця 6.1.4.

Живлення від:	марка кабеля
РП-146	ААБ -10 - 3х120
ТП-4270	ААБ -10 - 3х95
ТП-3779	АСБ -10 - 3х120
ТП-5066	ААБ -10 - 3х120

Перевірку приводимо для кабельної лінії з найменшим перерізом.

Нормальний розрахунковий струм:

					ДП 2022 141	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1265}{\sqrt{3} \cdot 10} = 73 \text{ А.}$$

Максимальний розрахунковий струм, А:

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot I_{\text{норм}};$$

$$I_{\text{макс}} = 2 \cdot 73 = 146 \text{ А.}$$

Економічно вигідний переріз, мм²:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{j_{\text{ек}}},$$

де $j_{\text{ек}}$ - економічна густина струму кабельних ліній [1].

$$S_{\text{ек}} = \frac{73}{1,2} = 61 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ [2]:

$$S_{\text{ст}} \geq S_{\text{ек}},$$

$$S_{\text{ст}} = 70 \text{ мм}^2 > S_{\text{ек}} = 61 \text{ мм}^2.$$

Живлення виконується кабелем більшого перерізу $S = 95 \text{ мм}^2$.

Перевіряємо даний кабель за умовою допустимого нагріву [1]:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{макс}},$$

Допустиме тривале струмове навантаження на кабель, А:

$$I_{\text{доп}} = K_1 \cdot K_2 \cdot I_{\text{н.д.}},$$

$$I_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 1 \cdot 200 = 180 \text{ А},$$

де $I_{\text{н.д.}}$ - допустиме тривале струмове навантаження на кабель при нормальних умовах прокладки [1],

K_1 - поправочний коефіцієнт на температуру оточуючого середовища [6],

K_2 - поправочний коефіцієнт на число прокладених у траншеї кабелів [6].

Так як

$$I_{\text{доп}} = 180 \text{ А} > I_{\text{макс}} = 176 \text{ А},$$

					ДП 2022 141	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

то вибраний переріз кабелю задовольняє умові нормального теплового режиму.

Перевірка кабелю на термічну стійкість:

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C};$$

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{28,4 \cdot 10^6}}{90} = 59 \text{ мм}^2.$$

де С – нормативний коефіцієнт; для алюмінію С=90 [1].

Умова термічної стійкості виконується:

$$S_{\min} \leq S_{cm};$$

$$59 \text{ мм}^2 < 95 \text{ мм}^2.$$

6.1.3. Вибір кабелів від ГПП до ТП

Вибираємо кабельну лінію 10 кВ прокладену в траншеї до трансформаторів.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів, А:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А};$$

$$I_{\text{мах}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$

$$I_{\text{мах}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 81 \text{ А};$$

Економічно вигідний переріз:

					ДП 2022 141	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{ек} = \frac{I_{max}}{j_{ек}^{КП}} \text{ мм}^2,$$

$$S_{ек} = \frac{81}{1,2} = 68 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо стандартний переріз кабельної лінії:

$$S_{ст} \geq S_{ек} ,$$

$$S_{ст} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 68 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо попередньо два кабелі типу ААБ-10-3х70.

Перевіряємо вибраний кабель за умовою допустимого нагріву,

$$I_{н.д.} = 165 \text{ А}$$

Допустиме тривале струмове навантаження на кабель, А:

$$I_{дон} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 165 = 134 \text{ А},$$

$$I_{дон} = 134 \text{ А} > I_{max} = 81 \text{ А},$$

Вибраний переріз кабелю задовільняє умові нормального теплового режиму.

Перевірка кабелю на термічну стійкість:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{48,4 \cdot 10^6}}{90} = 77 \text{ мм}^2.$$

Умова термічної стійкості $S_{min} \leq S_{ст}$ не виконується:

$$77 \text{ мм}^2 > 70 \text{ мм}^2.$$

					ДП 2022 141	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже вибираємо кабель на порядок вище типу ААБ-10-3х95,
 $I_{\text{доп}} = 205 \text{ А}$.

6.1.4. Вибір трансформаторів струму.

Для установки на кабельних лініях 10 кВ, що відходять до трансформаторів приймаємо трансформатор струму типу ТПЛ – 10 [2] з $I_{1\text{ном}} = 75 \text{ А}$, клас точності 0,5, номінальне навантаження вторинної обмотки $Z_{2\text{н}} = 0,4 \text{ Ом}$.

$$\text{Вважаємо, що } I_p = I_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,7 \text{ А}.$$

Вибираємо ТПЛ 10-75/5;

$$U_{\text{м}} = 10 \text{ кВ} = U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ};$$

$$I_{\text{ном}} = 75 \text{ А} > I_{\text{ном}} = 57,7 \text{ А};$$

$$I_{\text{т}}^2 \cdot \tau = 135 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} > B = 28,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

Одна із умов роботи, при виконанні якої забезпечується вибраний для даного трансформатора струму клас точності його роботи, якщо $(I_1 / I_{1\text{ном}}) \cdot 100\%$ знаходиться у діапазоні 100 - 120% .

Вважаємо, що

$$I_1 = I_{\text{макс}} = 1,4 \cdot I_{\text{ном}} = 1,4 \cdot 57,7 = 81 \text{ А},$$

в результаті

$$\frac{I_1}{I_{1\text{ном}}} \cdot 100\% = \frac{81}{75} \cdot 100\% = 108\% \approx 100 - 120\%.$$

Отже трансформатор струму в максимальному режимі працюватиме з завантаженням на 8% більшим від номінального, що допускається і відповідає умові його роботи у заданому класі точності.

Для того, щоб підключені прилади працювали в заданому класу точності необхідно щоб вторинне сумарне навантаження від приладів не перевищувало номінального навантаження вторинної обмотки трансформатора струму.

					ДП 2022 141	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1.4.

Назва приладів	Навантаження	
	Фаза А	Фаза С
Амперметр Э - 378	0,02	-
Навантаження всіх приладів, $Z_{\Sigma пр}$	0,02	-

Виходячи з умови допустимого навантаження на трансформатор струму, для його роботи в необхідному класу точності:

$$Z_{2н} \geq Z_{2р} = Z_K + Z_{\Sigma пр} + Z_{II},$$

де $Z_{2р}$ - розрахункове навантаження (опір) вторинного кола трансформатора струму, Ом;

Z_K - опір контактних з'єднань, Ом;

$Z_{пр}$ - максимальний сумарний опір котушок приладів найбільш завантаженої фази, Ом;

Z_{II} - опір проводів, які з'єднують трансформатор струму з приладами, Ом.

При кількості приладів, що приєднані до вторинної обмотки трансформатора струму, менше трох приймаємо $Z_K = 0,05$ Ом.

З табл. 6.1.3 $Z_{\Sigma пр} = 0,02$ Ом;

Прийнявши $Z_{2к} = Z_{2р}$ а $Z_{II} \approx r_{II}$, визначимо максимальне значення опору $r_{II}(Z_{II})$ при роботі трансформатора струму у заданому класі точності, Ом:

$$r_{II} = Z_{2н} - Z_{\Sigma пр} - Z_K = 0,4 - 0,02 - 0,05 = 0,33 \text{ Ом};$$

Найменший переріз проводів, що задовольняє умову роботи трансформатора струму у необхідному класі точності:

$$S = \rho \cdot \frac{l_p}{r_{II}} = 0,028 \cdot \frac{15}{0,33} = 1,3 \text{ мм}^2,$$

де ρ - питомий опір проводу, Ом·мм²/м, для алюмінію $\rho = 0,028$ Ом·мм²/м;

l_p - розрахункова довжина проводу, м.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

За ПУЕ, виходячи з вимог механічної стійкості (міцності) контрольних кабелів, якими з'єднуються вимірювальні прилади, переріз алюмінієвих проводів S має бути не меншим від $2,5 \text{ мм}^2$, тобто $S_{CT}^{min} = 2,5 \text{ мм}^2$.

В результаті вибираємо контрольний кабель типу АКВРГ-10 з $S_{CT} = 2,5 \text{ мм}^2$, що задовольняє умову механічної стійкості.

Визначимо дійсне навантаження трансформатора струму:

$$Z_{2p} = Z_K + Z_{\Sigma np} + r_{II} = 0,1 + 0,02 + 0,168 = 0,288 \text{ Ом},$$

де r_{II} - дійсне значення опору проводів, що з'єднують трансформатори струму з приладами:

$$r_{II} = \rho \cdot \frac{l_p}{S_{CT}} = 0,028 \cdot \frac{15}{2,5} = 0,168 \text{ Ом}.$$

Отже:

$$Z_{2H} = 0,4 \text{ Ом} > Z_{2p} = 0,288 \text{ Ом}.$$

Трансформатори струму типу ТПЛ - 10 на кабельних лініях 10 кВ, що відходять від РП, з підключеними до них приладами будуть працювати у заданому класі точності.

6.2. Устаткування сторони нижчої напруги

6.2.1. Вибір шаф низької напруги

Для підвищення надійності постачання та для спрощення обслуговування встановлюються комплектні трансформаторні підстанції (КТП). КТП призначені для прийому, перетворення та розподіл електроенергії трифазного струму частотою 50 Гц і застосовуються для електропостачання промислових підприємств.

В приміщенні КТП-2х1000 кВА встановлюємо таке обладнання:

					ДП 2022 141	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ввідні шафи низької напруги типу ШНВ-3УЗ та лінійний - ШНЛ-7УЗ;
- секційна шафа низької напруги типу ШНС-2УЗ.
- Щит із панелей ЩО-90, які з'єднані від шаф низької напруги шинними мостами АДЗІТ-2 (10х100). Прокладка виконана на зварних конструкціях по опорних ізоляторах ІО-1-2,5ОУ (15 шт).
- Панелі щита ЩО-94 – 2 шт., для підключення субабонентів.

Встановити ящики обліку електроенергії з лічильниками Євро-Альфа, які переносяться із ТП-3930.

Панелі щита низької напруги ТП-3930 типу ЩО70-2 залишено існуючими з деякими змінами існуючих захисних апаратів і установкою нових.

6.2.2. Вибір комутаційної апаратури

На низькій стороні проєктуємої системи електропостачання заводу вибираємо рубильники, автоматичні вимикачі, за допомогою яких відбувається комутування мережі та захист її від струмів короткого замикання; запобіжники - захист від струмів короткого замикання.

Визначаємо струми нормального та максимального режимів на стороні низької напруги від трансформатора, А:

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$

$$I_{\text{норм}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1443 \text{ А.}$$

$$I_{\text{р.мах}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$

$$I_{\text{р.мах}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 2021 \text{ А.}$$

Вимикач вводу низької напруги Э-25С-УЗ (табл.6.2.1).

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 6.2.1.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_H = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{авт} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 2021 \text{ А}$	$I_{ном.} = 2500 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 50 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_t \cdot \tau = 300 \text{ кА}^2\text{с}$

Вимикач шафи ШНЛ ВА-5541 (табл. 6.2.2),

$P_P = 60 \text{ кВт}$, $I_P = 87 \text{ А}$.

Таблиця 6.2.2.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_H = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{авт} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 87 \text{ А}$	$I_{ном.} = 1000 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 40 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_t \cdot \tau = 441 \text{ кА}^2\text{с}$

Секційний рубильник щита ЩО-90 РЕ-1946 (табл. 6.2.3.),

$P_P = 820 \text{ кВт}$, $I_P = 1184 \text{ А}$.

Секційний рубильник щита ТП-3930 РБ-2000 – існуючий,
(табл. 6.2.4.).

$P_P = 320 \text{ кВт}$, $I_P = 462 \text{ А}$.

Таблиця 6.2.3.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{н.мер.} = 0,4 \text{ кВ}$	$U_H = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 1184 \text{ А}$	$I_{ном.} = 1600 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 100 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_t \cdot \tau = 3200 \text{ кА}^2\text{с}$

Таблиця 6.2.4.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_{н.мер.} = 0,4 \text{ кВ}$	
$I_{р.ф.} = 462 \text{ А}$	$I_{ном.} = 2000 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 120 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 5000 \text{ кА}^2\text{с}$

6.2.3. Вибір комутаційної апаратури та струмоведучих елементів відходячих ліній

Розглянемо на прикладі вибору устаткування до розподільчого пункту РП-8 (виноматеріальний цех №3),

$$I_p = 65 \text{ А.}$$

Вибираємо вимикач ВА-5541, табл. 6.2.5.

Розрахункові дані	Допустимі значення
$U_n = 0,4 \text{ кВ}$	$U_{авт} = 0,4 \text{ кВ}$
$I_{р.ф.} = 65 \text{ А}$	$I_{ном.} = 120 \text{ А}$
$I_{к.з.} = 14,1 \text{ кА}$	$I_{д.ст.} = 25 \text{ кА}$
$B = 30 \text{ кА}^2\text{с}$	$I^2_{\tau} \cdot \tau = 100 \text{ кА}^2\text{с}$

Вибираємо кабельну лінію прокладену в траншеї довжиною 50 м.

Економічно вигідний переріз, мм^2 :

$$S_{ек} = \frac{65}{1,2} = 54 \text{ мм}^2.$$

По економічно вигідному перерізу вибираємо стандартний переріз КЛ:

$$S_{ст} \geq S_{ек},$$

$$S_{ст} = 70 \text{ мм}^2 > S_{ек} = 54 \text{ мм}^2.$$

$$I_{н.д.} = 165 \text{ А},$$

Перевіряємо даний кабель за умовою допустимого нагріву [1]:

					ДП 2022 141	Арк.
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{мах}},$$

$$I_p = I_{\text{мах}} = 65 \text{ A.}$$

Допустиме тривале струмове навантаження на кабель, А:

$$I_{\text{доп}} = 0,9 \cdot 0,75 \cdot 165 = 110 \text{ A},$$

$$I_{\text{доп}} = 110 \text{ A} > I_{\text{мах}} = 65 \text{ A},$$

Вибраний переріз кабелю задовільняє умові нормального теплового режиму.

Перевірка кабелю на термічну стійкість:

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C};$$

$$S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{28,4 \cdot 10^6}}{90} = 59 \text{ мм}^2.$$

де С – нормативний коефіцієнт; для алюмінію С=90 [1].

Умова термічної стійкості виконується:

$$S_{\text{min}} \leq S_{\text{cm}};$$

$$59 \text{ мм}^2 < 70 \text{ мм}^2.$$

Встановлений розподільчий пункт типу СПА-77 з вхідним рубильником на номінальний струм $I_H = 400 \text{ A}$, та автоматичними вимикачами АЕ-2063.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

7. Релейний захист кабельної лінії 10 кВ

Релейний захист - основний вид електричного автоматичного захисту мереж промислових підприємств.

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

Всі споживачі постійного оперативного струму діляться по ступенях їх відповідальності на декілька категорій. Найбільш відповідальними із споживачів є ланцюги оперативного струму релейного захисту, автоматики та управління вимикачами.

Захисти виконані за двофазною дворелейною схемою з реле типу РТ40/1, в яких обмежена залежно від струму, характеристика часу спрацювання та потужний перемикаючий контакт, спроможний дешунтувати і шунтувати кероване коло при струмах до 150А.

Добір установок максимальних струмових захистів полягає у визначенні первинних і вторинних струмів спрацювання реле, максимальних коефіцієнтів чутливості при металічних коротких замиканнях у кінці зон, що захищаються, коли ці захисти діють як основні, так і резервні. Крім того, захисти двох і більше послідовного з'єднання елементів, наприклад трансформатор - лінія -двигун, вони мають бути узгоджені за чутливістю і за часом. Вони повинні діяти селективно: вимикати місця пошкодження найближчими вимикачами.

Первинний струм спрацювання максимального струмового захисту має бути

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Релейний захист кабельної лінії	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Штефан В.В						
Перевірів		Ізволеньський					57	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Затвердив		Балюта С.М						

відстроєний від струмів самозапусків, повністю загальмованих електродвигунів та іншого навантаження при вмиканні та вимиканні елемента, що захищається, після ліквідації короткого замикання, крім цього захисту не повинні приходити до дії при максимально можливому робочому струмі навантаження.

7.1. Розрахунок уставок відсічки і максимального струмового захисту

На проектних КЛ з одностороннім живленням, які відходять від шин підстанцій, струмові відсічки повинні бути виконанні без витримки часу і зона їх дії повинна бути визначена при умові всіх КЗ.

Неселективна відсічка повинна застосовуватись із пристроями АВР та АПВ, які виправляють повністю, або частково неселективність дії захисту.

Струм дії неселективної відсічки знайдемо за формулою :

$$I_{с.в.} = \frac{U_{с.лін.}}{\sqrt{3} \cdot K_n \cdot (Z_{с.лін.} + K_o \cdot Z_{с.лін.})},$$

де $U_{с.лін.}$ – міжфазна напруга живлення енергосистеми в лінійному режимі

$$U_{с.лін.} = 0,9 \cdot 10,5 = 9,45 \text{ кВ},$$

$Z_{с.лін.}$ – опір енергосистеми до місця установки відсічки.

Приймаємо : $Z_{с.лін.} = 0,982 \text{ Ом}$ (див. розрахунок струмів к. з.).

K_o – коефіцієнт , який відображає $U_{ост.}$ в місці установки відсічки від трьохфазного КЗ, $K_o = 1$

$K_n = 1,1$ – коефіцієнт надійності .

					ДП 2022 141	Арк.
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді
$$I_{c.в.} = \frac{9450}{\sqrt{3} \cdot 1,1 \cdot (0,982 + 1 \cdot 0,982)} = 2,525 \text{ кА}$$

Струм спрацювання реле, А :

$$I_{cp.} = I_{c.в.} \cdot \frac{K_{c.x.}^{(3)}}{n_m},$$

$$I_{cp.} = 2,525 \cdot \frac{1}{20} = 126,25 \text{ А}$$

де $n_m = \frac{100}{5} = 20$ - коефіцієнт трансформації .

Знайдемо чутливість відсічки, А:

$$K = \frac{I_{к.мін.}}{I_{св}},$$

$$K = \frac{10000}{2525} = 3,9 > 2$$

Для струмових відсічок ПУЕ, встановлені на лінії, Кч повинен бути не менше 2 при КЗ в місці установки .

Отже виходячи з розрахунків даний релейний захист підходить по коефіцієнту чутливості.

Розрахунок уставок максимольного струмового захисту (МСЗ).

Розрахунок часу спрацювання МСЗ.

Час спрацювання МСЗ кабельних ліній узгоджується із часом спрацювання попереднього ступеню захисту :

$$t_{з.с.} = t_{ноп.} + \Delta t ,$$

де Δt - ступінь селективності , 0,5 с.

$$t_{ноп.} = 1,2 + 0,045 = 1,245 \text{ с};$$

$$t_{з.с.} = 1,245 + 0,5 = 1,74 \text{ с.}$$

Розрахунок струму спрацювання МСЗ.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Струм спрацювання захисту розраховується від $I_{роб.}=115$ А за формулою :

$$I_{с.з.} = K_{з.} \cdot K_{с.з.} \cdot \frac{I_{роб.}}{K_{в.}},$$

де $K_{в.}=0,85$ – коефіцієнт повернення ;

$K_{с.з.}=2,2$ – коефіцієнт самозапуску.

$$I_{с.з.} = 1,1 \cdot 2,2 \cdot \frac{156,2}{0,85} = 444,7 \text{ А}$$

$$I_{сп.} = I_{с.з.} \cdot \frac{K_{с.х.}}{K_m},$$

$$I_{сп.} = 444,7 \cdot \frac{1}{20} = 22,2 \text{ А}$$

$I_{с.р.}$ - струм спрацювання реле.

Знайдемо коефіцієнт чутливості МСЗ:

$$K = \frac{I_{к.мін.}}{I_{с.з.}} > 1,5 ,$$

$$K = 0,87 \cdot \frac{10000}{444,7} = 22,48 > 1,5 .$$

Максимальний струмовий захист забезпечує умову чутливості .

					ДП 2022 141	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Розрахунок цехової силової мережі

Розглянемо ремонтно-механічний цех.

По відношенню надійності електропостачання ремонтно-механічного цеху електроприймачі майстерні відносяться до споживачів III категорії.

Основними струмоприймачами являються асинхронні електродвигуни на напругу 380 В і освітлення. Живлення, пуск і захист здійснюється силовими пунктами типу ПР24.

Живлення розподільчих пунктів здійснюється від щита 0,4 кВ нової КТП через РП-42.

Магістральна і розподільча мережа виконана кабелем марки ААВГ на лотках, в трубах в підлозі.

На прикладі розглянемо токарно-гвинторізний верстат 1К62 (на плані з позиційним позначенням №2 листа графічної частини).

Вибір апарату захисту.

Номінальна потужність двигуна $P_{ном} = 11,125$ кВт, $\cos\varphi = 0,8$.

Розрахунковий струм, А:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi};$$
$$I_p = \frac{11,125}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 21 \text{ А.}$$

Вибираємо автомат марки АЕ-20, з номінальним струмом $I_n = 32$ А.

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок цехової силової мережі			
Розробив		Штефан В.В.						
Перевірів		Ізволеньський						
Н. Контр.								
Затвердив		Балюта С.М.			Літ. Арк. Аркушів			
					61			
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск			

Перевірка вибраних даних АВ :

$$1. U_{\text{ном}} = 380\text{В} = U_{\text{мережі}} = 380\text{В};$$

$$2. I_{\text{розч.а}} = 25\text{ А} > I_p = 21\text{ А};$$

$$3. I_{\text{ном.а}} = 32\text{ А} > I_{\text{розч.а}} = 25\text{ А};$$

$$4. I_{\text{сп.а}} = 160\text{ А} > 1,25 I_{\text{пik}} = 1,25 \cdot 105 = 131,3\text{ А},$$

де $I_{\text{роз.а}}$ - струм розчіплювана АВ;

$I_{\text{сп.а}}$ - струм спрацювання АВ;

$I_{\text{ном.а}}$ - номінальний струм;

$I_{\text{пik}}$ - піковий струм.

Аналогічно вибираємо автоматичні вимикачі для усіх видів двигунів з умови, що номінальний струм автомата більше номінального струму двигуна (лист графічної частини).

Вибір кабелів цехової мережі.

Вибір перерізів проводів та жил кабелів цехової мережі вибирають по допустимому нагріванню струму у відповідності до апарату захисту:

Розрахунковий струм провідника:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{\text{п}}},$$

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{32 \cdot 1}{1,15} = 28\text{ А},$$

де I_3 – номінальний струм апарату захисту,

$K_{\text{зах}}$ - коефіцієнт захисту, для нормального приміщення $K_{\text{зах}} = 1$,

$K_{\text{п}}$ - поправочний коефіцієнт на умови прокладки проводів.

Вибираємо кабель марки АВВГ 3х6+1х4 з $I_{\text{доп}} = 32\text{ А}$.

					ДП 2022 141	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_3 \cdot K_3}{K_{\text{п}}},$$

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{32 \cdot 1}{1,15} = 28 \text{ А},$$

де I_3 – номінальний струм апарату захисту,

$K_{\text{зах}}$ - коефіцієнт захисту, для нормального приміщення $K_{\text{зах}} = 1$,

$K_{\text{п}}$ - поправочний коефіцієнт на умови прокладки проводів.

Вибираємо кабель марки АВВГ 3х6+1х4 з $I_{\text{доп}} = 32 \text{ А}$.

					ДП 2022 141	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Розрахунок електроосвітлення ремонтно-механічного цеху

При проектуванні світлотехнічної частини вибирають:

- а) джерело світла;
- б) освітленість та коефіцієнт запасу;
- в) системи та види освітлення;
- г) світильники, їх розташування та висоту підвісу;
- д) визначають встановлену освітлювальну потужність цеху.

Освітлювальна установка (ОУ) повинна забезпечувати нормальне та безпечне освітлення для виконання виробничого процесу. Важливим фактором, який визначає якість освітлювальної установки являється гарна уявність предметів, які освітлюються.

Існують обов'язкові для всіх організацій правила та норми влаштування штучного освітлення. Вони визначають розміри найменшої освітленості в залежності від розміру об'єктів розміщення, ступеню контрасту предметів, що розглядаються, розряд виконуваних робіт.

Розглянемо приклад розрахунку освітлення приміщення інструментального відділення ремонтно-механічної майстерні.

Світильники в основних приміщеннях механічної майстерні прийняті з люмінесцентними лампами, в допоміжних відділеннях – з лампами накаливання.

Робоче освітлення виконано на напругу 220 В, ремонтне і аварійне – 36 В.

Приміщення інструментального відділення знаходиться на відмітці 3,600.

					ДП 2022 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок електроосвітлення		
Розробив		<i>Штефан В.В.</i>					
Перевірів		<i>Ізволеньський</i>					
Н. Контр.							
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>			Літ. Арк. Аркушів		
					64		
					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		

Вихідні дані:

$$a = 4,0 \text{ м};$$

$$b = 7,0 \text{ м};$$

$$E_n = 200 \text{ лк};$$

$$h_p = 3,3 \text{ м};$$

де a, b - розміри приміщення; E_n - нормована освітленість приміщення;

h_p - розрахункова висота приміщення;

Так як в приміщенні відсутній темний пил, то коефіцієнт відображення приміщення:

- коефіцієнт відбивання стелі $R_p = 0,5$;

- коефіцієнт відбивання стін $R_c = 0,5$;

- коефіцієнт відбивання розрахункової поверхні $R_p = 0,3$.

Характер приміщення при пожежонебезпеці та вибухонебезпечні П-П. Вибираємо джерелом освітлення люмінесцентні лампи (ЛЛ) низького тиску типу ЛБ з паспортним значенням світлового потоку:

$$\Phi = 3200 \text{ лм.}$$

Коефіцієнт запасу ОУ з ЛЛ: $K = 1,5$.

Коефіцієнт запасу на нерівномірність освітлення з ЛЛ: $z = 1,1$.

Вибираємо тип світильника ЛП 002.

Тип кривої сили світла: $\Gamma - 1$.

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i = \frac{(a \cdot b)}{h_p \cdot (a + b)} = \frac{(4 \cdot 7)}{3,3 \cdot (4 + 7)} = 0,77.$$

Для заданих відбиваючих властивостей приміщення та відповідним типом кривої сили світла $\Gamma-1$ для вибраного типу світильника коефіцієнт використання ОУ : $\eta = 0,45$.

Відстань між світильниками:

$$L = \lambda \cdot h_p = 0,48 \cdot 3,3 = 1,6 \text{ м},$$

де λ - відношення відстані між світильниками до розрахункової висоти.

					ДП 2022 141	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді число рядків буде:

$$N = \frac{a - L}{L} + 1 = \frac{4 - 1,6}{1,6} + 1 = 2 \text{ рядка} .$$

Для розрахунку вибираємо 2 ряди світильників.

Проводимо розрахунок потужності ОУ з ЛЛ при числі рядків, який дорівнює двом та при вибраних типах ламп світильників. Світловий потік одного рядка буде складати:

$$\Phi' = \frac{a \cdot b \cdot k \cdot z \cdot E_n}{N \cdot \eta} = \frac{4 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 1,1 \cdot 200}{2 \cdot 0,45} = 10266,7 \text{ лм}.$$

Розрахункова кількість світильників в рядку:

$$n_{\text{св}} = \frac{\Phi'}{\Phi} = \frac{10266,7}{3200} = 3,2.$$

В кожному рядку ставимо по 3 світильники. Розрахунок фактичного освітлення:

$$E_{\text{расч}} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot N \cdot n_{\text{св}} \cdot \eta}{k \cdot z \cdot a \cdot b} = \frac{3200 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,45}{1,5 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 7} = 187 \text{ лк}.$$

Розраховуємо відносну похибку:

$$\nu = \frac{187 - 200}{200} \cdot 100\% = -6,5\%.$$

Оцінка результату розрахунку повинна знаходитись в межах:

$$-10\% < \nu < +20\%,$$

тобто розрахунок задовольняє умовам. Отже приміщення освітлюється двома рядками світильників ЛЛ 002 2x40.

Розрахунок освітлення проектуемого цеху в інших приміщеннях проводиться аналогічно даному. Розрахункові дані приведені в графічній частині дипломної роботи.

Допоміжне освітлення цеху виконано за допомогою підвісних ламп розжарювання.

					ДП 2022 141	Арк.
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Компенсація реактивної потужності в системі електропостачання

Перетікання РМ в мережі викликають додаткові втрати потужності і електроенергії, впливають на рівні напруги у вузлах мережі, погіршують пропускну спроможність електричних мереж і вимагають значних витрат для їх компенсації.

Компенсація реактивної потужності (з урахуванням якості електроенергії) у мережах промислових підприємств є одним з основних напрямів скорочення втрат електроенергії і підвищення ефективності роботи електроустановок підприємств.

Слід зазначити, що з точки зору економії електроенергії і регулювання напруги компенсацію реактивної потужності найдоцільніше здійснювати у її споживачів.

Завданням компенсації реактивної потужності є проведення заходів, при здійсненні яких реактивна потужність, споживана від джерела живлення, була б оптимальна для цього вузла навантаження.

Наслідки перетікання реактивної потужності :

- погіршення режимів роботи ЕП із-за значних втрат

10.1. Принципи компенсації реактивної потужності

Відомо, що проходження змінного електричного струму завжди супроводжується виникненням змінного (з частотою струму) магнітного потоку. Зміна магнітного потоку неминуче супроводжується індукцією електрорушійної сили самоіндукції, дія якої завжди спрямована проти зміни струму, що проходить в електричному ланцюзі.

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Компенсація реактивної потужності	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		Штефан В.В.					67	
Перевірив		Ізволеньський						
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Затвердив		Балюта С.М						

Це і є індуктивним навантаженням, що викликає відставання в часі змін змін-ного струму від змін змінної напруги на так званий кут зрушення фаз (φ) .

Індуктивне навантаження, що викликається явищем самоіндукції, в ланцюзі змінного струму завжди має місце, оскільки для проходження змінного струму провідники ланцюга представляють не лише активне (R), але і індуктивне (XL) опори. Основне індуктивне навантаження в мережах змінного струму представляють машини і апарати, дія яких ґрунтована на використанні магнітного потоку (трансформатори, електричні двигуни, реактори, індукційні електричні печі і т. п.). Таким чином, в мережі змінного струму є споживачі активної (P) і реактивної (Q) потужності.

Необхідну реактивну потужність для забезпечення роботи ЕП вимушені видавати генератори електричних станцій. Але оскільки обмотки генераторів розраховані з умов допустимого нагріву на повний струм, та наявність в мережі реактивної потужності і, отже, реактивного струму (I_p) призводить до недовикористання обмотки генераторів по активній потужності.

З іншого боку, реактивна складова струму, проходячи по усіх елементах мережі від генераторів до споживачів, викликає додаткові втрати потужності, електроенергії і напругу. Цим і пояснюється необхідність компенсувати споживання реактивної потужності за допомогою джерел реактивної потужності, що включаються в мережу в місцях її споживання.

Принцип компенсації реактивного струму в електричній мережі розглянемо на прикладі малюнку 10.1.

					ДП 2022 141	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

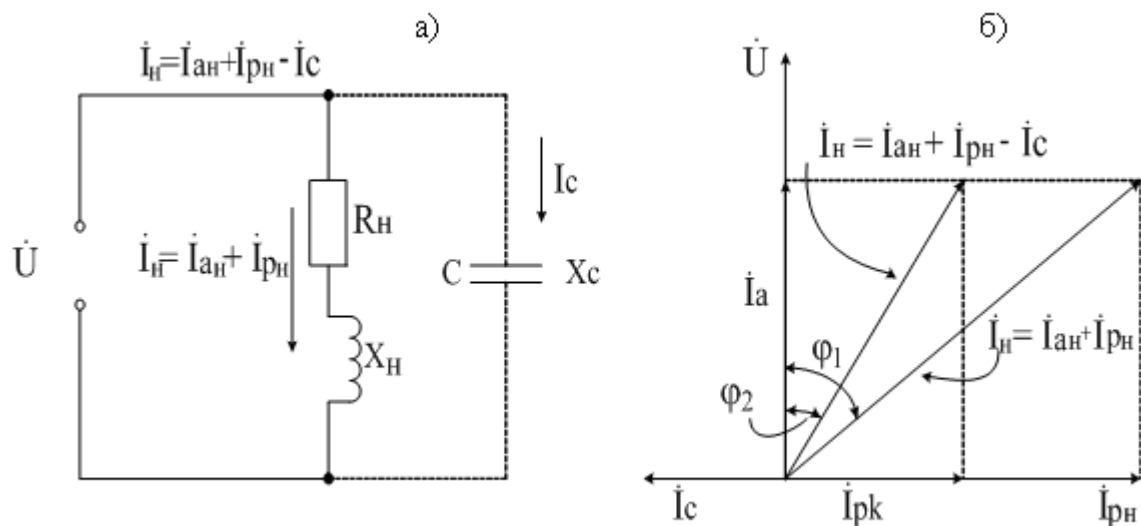


Рис. 10.1 Принцип компенсації реактивної потужності

На малюнку 10.1 (а) показана схема живлення від мережі напругою (U) електроприймача, що має активний (R) і індуктивний (XL) опір.

Повний струм ланцюга (I) внаслідок наявності індуктивного навантаження (XL) відставатиме від напруги (U) на кут ϕ . Величина кута тим більше, чим більше індуктивний опір навантаження (XL).

Значення складових струму :

$$I_{a.N} = I_N \cos \phi ; \quad I_{p.N} = I_N \sin \phi , \quad (10.1)$$

де $I_{a.N}$ - активна складова струму навантаження, А; $I_{p.N}$ - реактивна складова струму навантаження, А; I_N - повний струм навантаження, А.

Функції кута визначається співвідношенням величин R і XL :

$$\cos \phi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} ; \quad \sin \phi = \frac{X_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}} ; \quad \operatorname{tg} \phi = \frac{\sin \phi}{\cos \phi} = \frac{X_L}{R} , \quad (10.2)$$

де R - активний опір, Ом; XL - реактивний опір, Ом.

Повний струм, споживаний з мережі, дорівнюватиме сумі векторів активною і реактивною складових цього струму, тобто

$$I_H = I_{a.H} + I_{p.H}, \quad (10.3)$$

де I_H - повний струм навантаження, А.

Відповідно до цього потужність, споживана з мережі :

- активна потужність

$$P = U \cdot I_H \cos \phi, \quad (10.4)$$

де P - активна споживана потужність, кВт; U - напруга живлення навантаження, кВ; I_H - струм навантаження, А.

- реактивна потужність

$$Q = U \cdot I_H \sin \phi, \quad (10.5)$$

де Q - реактивна споживана потужність, КВ-Ар.

- повна потужність

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (10.6)$$

де S - повна споживана потужність, КВ-А.

Включення в схему (мал. 10.1 а) ємності (С) з реактивним опором X_c , яка створює ємнісний струм, що випереджає напругу на кут 90° і протилежно спрямований, за рахунок чого і відбувається компенсація реактивної потужності, споживаної індуктивним опором (див. мал. 10.1 б). При цьому струм, споживаний з мережі, після підключення ємності з опором зменшується, оскільки він дорівнюватиме сумі векторів

$$I_{p.k} = I_{p.H} - I_c, \quad (10.7)$$

					ДП 2022 141	Арк. 70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $i_{p.n.}$ -реактивна складова струму з урахуванням компенсації, А.

Якщо струм відстає по фазі від напруги (індуктивний характер), то реактивна потужність споживається і позначається зі знаком "+" (споживач).

Якщо струм випереджає напругу (ємнісний характер), то реактивна потужність генерується і позначається зі знаком "-" (джерело).

10.2 Призначення компенсації реактивної потужності

Компенсацію реактивної потужності повною мірою можна віднести до енергозберіжних технологій. Підвищення дозволяє зменшити споживання з мережі реактивної енергії і збільшити за рахунок зниження завантаження по потужності термін служби устаткування.

При рішенні задачі компенсації реактивної потужності вимагається встановити оптимальне співвідношення між джерелом і споживачем реактивної потужності, беручи до уваги :

- втрати електроенергії на генерацію реактивної потужності джерелами реактивної потужності;
- втрати електроенергії на передачу реактивної потужності з мережі ВН;
- дорожчання цехових ТП у разі завантаження їх реактивною потужністю.

До мереж напругою до 1 кВ на промислових підприємствах підключається велика частина споживачів реактивної потужності. Коефіцієнт активної потужності ($\cos\varphi$) які зазвичай коливається в межах 0,3 - 0,8.

Мережі напругою до 1 кВ електрично віддаленіші від джерел живлення, тому передача реактивної потужності в мережу нижчої напруги вимагає збільшення перерізів провідників, підвищення потужності силових трансформаторів і супроводжується втратами активної і реактивної потужностей.

Витрати, обумовлені перерахованими чинниками, можна зменшити або навіть усунути, якщо здійснювати компенсацію РМ безпосередньо у споживача реактивної потужності в мережі нижчої напруги.

					ДП 2022 141	Арк.
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Компанією італійської фірми ("LOVATO ELECTRIC") проведений ряд досліджень, які обґрунтовують необхідність компенсації реактивної потужності в СЭС і місць їх розміщення по рівнях СЭС.

На графіку (мал. 10.2) приведені активні відносні втрати в елементах СЭС від значення $\cos \phi$.

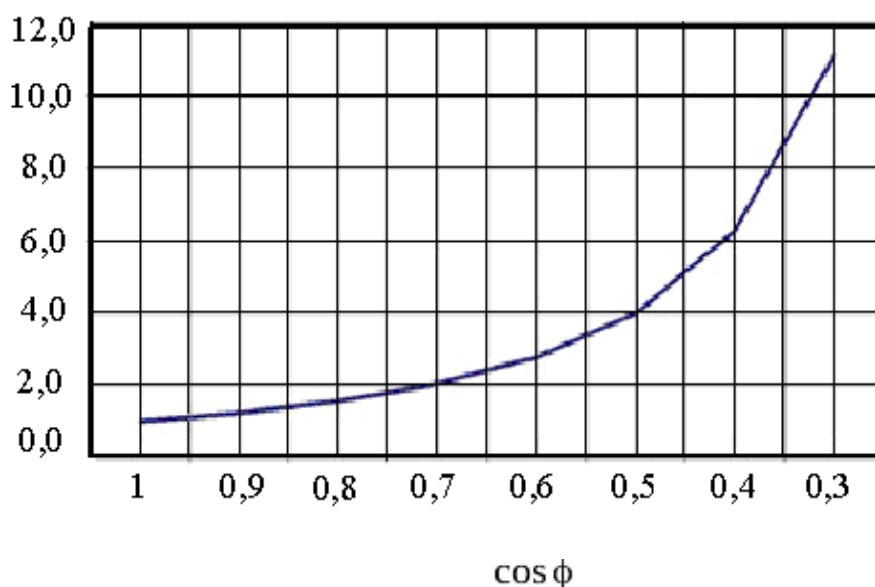


Рис. 10.2 Зависимость активных потерь в элементах СЭС от $\cos \phi$

З графіку видно, що вже при $\cos \phi = 0,7$ відбувається подвоєння втрат в елементах СЭС. Таким чином, компенсація перетікань реактивній потужності в електричних мережах призводить до зниження завантаження елементів мережі і тим самим до зниження втрат в системі електропостачання.

При проектуванні СЭС підприємств із специфічними навантаженнями (нелінійними, резкопеременними, несиметричними) слід враховувати, що встановлювані спеціальні технічні засоби одночасно забезпечують КРМ і підтримка значень ПКЭ. Тому при проектуванні питання якості електроенергії і компенсації реактивної потужності для підприємств із специфічними навантаженнями слід розглядати одночасно.

10.3 Розрахунок значення економічного перетікання реактивної потужності від джерела живлення до споживача

У балансі реактивних навантажень втрати реактивної потужності в елементах СЭС досягають 20 %. Коефіцієнт потужності електричних навантажень () різних промислових підприємств змінюється в межах від 0,5 до 0,8. Це означає, що промислові підприємства споживають реактивну потужність від 0,75 до 1,73 від споживаної підприємством активної потужності.

Значення економічного перетікання реактивної потужності від джерела живлення (Q_3) для споживачів, що розраховуються за двухставочному тарифом, визначається по формулі:

$$Q_3 = \text{tg}\phi_3 P_p, \quad (10.10)$$

де $\text{tg}\phi_3$ - значення економічного перетікання РМ, КВ-Ар; $\text{tg}\phi_3$ - економічне значення коефіцієнта реактивної потужності; P_p - активная розрахункове навантаження підприємства на шинах (6; 10 кВ), кВт.

Нормативне значення $\text{tg}\phi_3$ для шин 6-10 кВ підстанцій 35-750 кВ загального призначення визначається по формулі:

$$\text{tg}\phi_3 = \frac{\text{tg}\phi_6}{K(0,4d_{\max} + 0,6)} \leq 0,7 \quad (10.11)$$

де $\text{tg}\phi_6$ - базовий коефіцієнт реактивної потужності; D_0 - коефіцієнт, що враховує відмінність вартостей електроенергії в різних енергосистемах; відношення споживання активної потужності споживачем в кварталі максимального навантаження енергосистеми до споживання в кварталі його максимального навантаження.

Значення $\text{tg}\phi$ приймається для мереж 6-10 кВ, приєднаних до шин підстанцій з вищою напругою 35, 110, 220 кВ відповідно:

35 кВ- 0,4; 110 кВ- 0,5; 220 кВ- 0,6; для шин генераторної напруги - 0,6.

					ДП 2022 141	Арк. 73
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення набуває в межах 0,65.0,85.

Значення коефіцієнта $\cos \phi$ для енергосистеми приймати рівним 0,8.

Нині згідно з наказом Мінпроменерго № 49 від 22.02.2007 значення співвідношення споживання активної і реактивної потужності (значення коефіцієнта реактивної потужності) строго нормується (див. таблицю.10.1)

Граничних значень коефіцієнта реактивної потужності. Таблиця 10.1

Положення точки приєднання споживача до електричної мережі	$\tan \phi$
Напруга 110 кВ	0,5
Напруга 35 кВ	0,4
Напруга 6-20 кВ	0,4
Напруга 0,4 кВ	0,35

10.4. Визначення сумарної потужності компенсуючих пристроїв по підприємству

Нині вимоги до режиму мінімальних навантажень практично відсутні, зате до режиму максимальних навантажень - дуже строгі [6].

Визначення сумарної потужності компенсуючого пристрою ($Q_{\text{кв}}$) по підприємству в цілому робиться по найбільшій сумарній реактивній потужності (Q_{max}), споживаній підприємством, з урахуванням коефіцієнта різночасності максимумів активних і реактивних навантажень по формулі:

$$Q_{\text{max}} = K Q_p, \quad (10.12)$$

де Q_{max} - максимальне значення реактивної потужності в години максимальних навантажень електричної мережі по реактивній потужності, КВ-Ар; Q_p - розрахункова споживана потужність підприємства, КВ-Ар;

					ДП 2022 141	Арк. 74
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

D_0 - коефіцієнт, що враховує неспівпадання за часом активних найбільших навантажень енергосистеми і реактивного навантаження промислового підприємства, і залежить від режиму роботи промислового підприємства.

Значення коефіцієнта D_0 для проектування можна прийняти [1]:

- нафтопереробка, текстильна, - 0,95;
- чорна і кольорова металургія, хімічна, нафтовидобуток, харчовий, паперовий, будматеріалів - 0,9;
- вугільна, газова, машинобудування, металообробка - 0,85;
- торфопереробна, деревообробна, - 0,8;
- інші - 0,75.

Сумарна потужність компенсуючого облаштування Q_{ky} визначається по балансу реактивної потужності на межі балансового розмежування з енергосистемою, в період найбільших активних навантажень енергосистеми.

$$Q_{ky} = Q_{max} - Q_{\Sigma} \quad (10.13)$$

Значення сумарної потужності компенсуючих пристроїв, визначене по формулі (10.13), необхідно розподілити по характерних вузлах навантаження системи електропостачання підприємства.

10.5 Розміщення компенсуючих пристроїв по рівнях системи електропостачання

Велике значення має правильний вибір місця установки компенсуючого пристрою. Загальне правило: реактивну потужність необхідно компенсувати в місці її споживання.

При рішенні задачі компенсації РМ вимагається встановити оптимальне співвідношення між джерелами реактивної потужності НН і ВН, беручи до уваги :

- втрати електроенергії на генерацію реактивної потужності джерелами реактивної потужності НН і ВН;
- втрати електроенергії на передачу реактивної потужності з мережі ВН в мережу НН;

					ДП 2022 141	Арк.
						75
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- дорожчання цехових ТП у разі завантаження їх реактивною потужністю.

До мереж напругою до 1 кВ на промислових підприємствах підключається велика частина споживачів реактивної потужності. Коефіцієнт потужності навантаження НН зазвичай не перевищує 0,5-0,8 .

Мережі напругою 380 - 660 В електрично віддаленіші від джерел живлення, тому передача реактивної потужності в мережу НН вимагає збільшення перерізів дротів і кабелів, підвищення потужності силових трансформаторів і супроводжується втратами активної і реактивної потужностей. Витрати, обумовлені перерахованими чинниками, можна зменшити або навіть усунути, якщо здійснювати компенсацію РМ безпосередньо у споживача реактивної потужності в мережі НН.

Вибір оптимальної потужності низьковольтних батарей статичних конденсаторів (НБСК) здійснюється одночасно з вибором силових трансформаторів цехових ТП.

Існує декілька підходів для вирішення цього питання.

Коефіцієнт реактивної потужності для даного вузла навантаження ($\text{tg}\varphi_1$) визначається за значенням коефіцієнта активної потужності ($\cos\varphi_1$) цього вузла. Задається необхідне значення $\cos\varphi_2$, якому відповідає $\text{tg}\varphi_2$. Значення потужності компенсуючих пристроїв (КУ) визначається по формулі:

$$Q_{\text{ку}} = P_{\text{п}} (\text{tg}\varphi_1 - \text{tg}\varphi_2), \quad (10.14)$$

де $Q_{\text{ку}}$ - потужність компенсуючих обладнань вузла навантаження, кВАр;
 $P_{\text{п}}$ - спожита активна потужності цього вузла навантаження, кВт.

Сумарна розрахункова потужність компенсуючих пристроїв у вузлі навантаження до 1 кВ, виходячи з пропускної спроможності живлячих трансформаторів ($Q_{\text{ку.нн.}}$) [1]

$$Q_{\text{ку.нн}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{тах.т}}, \quad (10.15)$$

де - розрахункова РМ за найбільш завантажену зміну, кВАр;

					ДП 2022 141	Арк. 76
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільша РМ, яку доцільно передати через трансформатори в мережу до 1 кВ.

$$Q_{\max T} = \sqrt{(N \cdot k_z \cdot S_{н.т.})^2 - P_p^2}, \quad (10.16)$$

де N - число трансформаторів цехової ТП; k_з - бажаний коефіцієнт завантаження трансформатора; S_{н.т.} - номінальна потужність трансформатора, КВ-А; P_р - активна розрахункова потужність до 1 кВ цеховий ТП за найбільш завантажену зміну, кВт.

Компанією запропонований простий метод визначення потужності компенсуючих пристроїв (Q_к) у вузлі навантаження

$$Q_{к} = P_p \cdot K, \quad (10.17)$$

де P_р - розрахункова активна потужність вузла навантаження, кВт;
K - коефіцієнт пропорційності.

Коефіцієнт K визначається по таблиці 4.1 залежно від поточного значення коефіцієнта активної потужності і потрібного для компенсації перетікань реактивній потужності живлячих мереж вузла навантаження.

Розрахункову потужність низьковольтних БСК округлюють до найближчої (за стандартною шкалою) потужності комплектних конденсаторних установок (ККУ).

Значення коефіцієнта K для досягнення заданого cosφ

Таблиця 10.1

					ДП 2022 141	Арк. 77
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Текущее значение		Требуемый (достижимый) cos φ													
tgφ	cosφ	0,80	0,82	0,84	0,86	0,88	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	
		Коэффициент К													
3,18	0,30	2,43	2,48	2,54	2,59	2,64	2,70	2,75	2,82	2,86	2,89	2,93	2,98	3,04	
2,96	0,32	2,21	2,26	2,32	2,37	2,42	2,48	2,53	2,60	2,64	2,67	2,71	2,76	2,82	
2,77	0,34	2,02	2,07	2,13	2,18	2,23	2,28	2,34	2,41	2,45	2,48	2,52	2,56	2,63	
2,59	0,36	1,84	1,89	1,95	2,00	2,05	2,10	2,17	2,23	2,27	2,30	2,34	2,39	2,45	
2,43	0,38	1,68	1,73	1,79	1,84	1,89	1,95	2,01	2,07	2,11	2,14	2,18	2,23	2,29	
2,29	0,40	1,54	1,59	1,65	1,7	1,75	1,81	1,87	1,93	1,97	2,00	2,04	2,09	2,15	
2,16	0,42	1,41	1,46	1,52	1,57	1,62	1,68	1,73	1,80	1,84	1,87	1,91	1,96	2,01	
2,04	0,44	1,29	1,34	1,4	1,45	1,50	1,56	1,61	1,68	1,72	1,75	1,79	1,84	1,9	
1,93	0,46	1,18	1,23	1,29	1,34	1,39	1,45	1,50	1,57	1,61	1,64	1,68	1,73	1,79	
1,83	0,48	1,08	1,13	1,19	1,24	1,29	1,34	1,40	1,47	1,51	1,54	1,58	1,62	1,69	
1,73	0,50	0,98	1,03	1,09	1,14	1,19	1,25	1,31	1,37	1,41	1,45	1,48	1,63	1,59	
1,64	0,52	0,89	0,94	0,99	1,05	1,10	1,16	1,22	1,28	1,32	1,35	1,39	1,44	1,5	
1,56	0,54	0,81	0,86	0,92	0,97	1,02	1,07	1,13	1,20	1,24	1,27	1,31	1,36	1,42	
1,48	0,56	0,73	0,78	0,84	0,89	0,94	1,00	1,05	1,12	1,16	1,19	1,23	1,28	1,34	
1,40	0,58	0,65	0,70	0,76	0,81	0,86	0,92	0,98	1,04	1,08	1,11	1,15	1,20	1,26	
1,33	0,60	0,58	0,63	0,69	0,74	0,79	0,85	0,91	0,97	1,01	1,04	1,08	1,13	1,19	
1,30	0,61	0,55	0,60	0,66	0,71	0,76	0,81	0,87	0,94	0,98	1,01	1,05	1,10	1,16	
1,27	0,62	0,52	0,57	0,63	0,68	0,73	0,78	0,84	0,91	0,95	0,99	1,02	1,06	1,13	
1,23	0,63	0,48	0,53	0,59	0,64	0,69	0,75	0,81	0,87	0,91	0,94	0,98	1,03	1,09	
1,20	0,64	0,45	0,50	0,56	0,61	0,66	0,72	0,77	0,84	0,88	0,91	0,95	1,00	1,06	
1,17	0,65	0,42	0,47	0,53	0,58	0,63	0,68	0,74	0,81	0,85	0,88	0,92	0,97	1,03	
1,14	0,66	0,39	0,44	0,5	0,55	0,60	0,65	0,71	0,78	0,82	0,85	0,89	0,94	1,00	
1,11	0,67	0,36	0,41	0,47	0,52	0,57	0,63	0,68	0,75	0,79	0,82	0,86	0,90	0,97	
1,08	0,68	0,33	0,38	0,44	0,49	0,54	0,59	0,65	0,72	0,76	0,79	0,83	0,88	0,94	
1,05	0,69	0,30	0,35	0,41	0,46	0,51	0,56	0,62	0,69	0,73	0,76	0,8	0,85	0,91	
Зм.	Арк.	№ докум.		Підпис	Дата	ДП 2022 141									Арк.
															78

1,02	0,70	0,27	0,32	0,38	0,43	0,48	0,54	0,59	0,66	0,70	0,73	0,77	0,82	0,88
0,99	0,71	0,24	0,29	0,35	0,4	0,45	0,51	0,57	0,63	0,67	0,70	0,74	0,79	0,85
0,96	0,72	0,21	0,26	0,32	0,37	0,42	0,48	0,54	0,60	0,64	0,67	0,71	0,76	0,82
0,94	0,73	0,19	0,24	0,3	0,35	0,40	0,45	0,51	0,58	0,62	0,65	0,69	0,73	0,8
0,91	0,74	0,16	0,21	0,27	0,32	0,37	0,42	0,48	0,55	0,59	0,62	0,66	0,71	0,77
0,88	0,75	0,13	0,18	0,24	0,29	0,34	0,40	0,46	0,52	0,56	0,59	0,63	0,68	0,74
0,86	0,76	0,11	0,16	0,22	0,27	0,32	0,37	0,43	0,50	0,54	0,57	0,61	0,65	0,72
0,83	0,77	0,08	0,13	0,19	0,24	0,29	0,34	0,40	0,47	0,51	0,54	0,58	0,63	0,69
0,80	0,78	0,05	0,10	0,16	0,21	0,26	0,32	0,38	0,44	0,48	0,51	0,55	0,60	0,66
0,78	0,79	0,03	0,08	0,14	0,19	0,24	0,29	0,35	0,42	0,46	0,49	0,53	0,57	0,64
0,75	0,80		0,05	0,11	0,16	0,21	0,27	0,32	0,39	0,43	0,46	0,5	0,55	0,61
0,72	0,81			0,08	0,13	0,18	0,24	0,30	0,36	0,4	0,43	0,47	0,52	0,58
0,70	0,82			0,06	0,11	0,16	0,21	0,27	0,34	0,38	0,41	0,45	0,49	0,56
0,67	0,83			0,03	0,08	0,13	0,19	0,25	0,31	0,35	0,38	0,42	0,47	0,53
0,65	0,84				0,06	0,11	0,16	0,22	0,29	0,33	0,36	0,4	0,44	0,51
0,62	0,85				0,03	0,08	0,14	0,19	0,26	0,3	0,33	0,37	0,42	0,48
0,59	0,86					0,05	0,11	0,17	0,23	0,27	0,30	0,34	0,39	0,45
0,57	0,87						0,08	0,14	0,21	0,25	0,28	0,32	0,36	0,43
0,54	0,88						0,06	0,11	0,18	0,22	0,25	0,29	0,34	0,4
0,51	0,89						0,03	0,09	0,15	0,19	0,22	0,26	0,31	0,37
0,48	0,90							0,06	0,12	0,16	0,19	0,23	0,28	0,34
0,46	0,91							0,03	0,10	0,14	0,17	0,21	0,25	0,32
0,43	0,92								0,07	0,11	0,14	0,18	0,22	0,29
0,40	0,93								0,04	0,08	0,11	0,15	0,19	0,26
0,36	0,94									0,04	0,07	0,11	0,16	0,22
0,33	0,95											0,08	0,13	0,16
0,29	0,96													0,15

					ДП 2022 141		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			79

10.6. Способи і засоби компенсації реактивної потужності

Існує два способи компенсації реактивної потужності : поперечна і подовжня компенсація. Подовжня компенсація використовується для регулювання напруги в міжсистемних мережах.

У системах електропостачання промислових підприємств використовується поперечна компенсація.

В якості джерел реактивної потужності на промислових підприємствах можуть використовуватися батареї статичних конденсаторів (БСК), синхронні двигуни і спеціальні джерела реактивної потужності.

При вибиранні засобів компенсації реактивної потужності в системах електропостачання промислових підприємств необхідно розрізняти за функціональними ознаками дві групи промислових мереж залежно від складу їх навантажень :

1-а група - мережі загального призначення;

2-а група - мережі із специфічними нелінійними, несиметричними і різкозмінними навантаженнями.

Рішення задачі компенсації реактивної потужності для обох груп по-різному.

Засобами компенсації реактивної потужності (РМ) в мережах загального призначення є:

- батареї статичних конденсаторів (нижчого і вищого напруги)
- синхронні електродвигуни (СД).

У мережах із специфічними навантаженнями:

- силові резонансні фільтри (СРФ);
- симметрирующие пристрої (СУ);
- фальтросимметрирующие (ФСУ) пристрої.

					ДП 2022 141	Арк.
						80
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Батарей статичних конденсаторів

Генерація реактивної потужності конденсатором ємністю C , підключеною до мережі напругою U , складає $Q = U^2 C \omega_0$, (10.19)

де C – ємність конденсатора, μF ; $\omega_0 = 2\pi f$.

Пропорціональність квадрату напруги веде до того, що при зниженні напруги мережі на 10 % генерація реактивної потужності зменшиться на 19 %.

У мережах до 1 кВ конденсатори з'єднуються в трикутник. В цьому випадку реактивна потужність, генерована батареєю конденсаторів, визначається по формулі

$$Q_{\text{ку}} = 3 \cdot U^2 \cdot \omega_0 \cdot C, \quad (10.20)$$

де U - лінійна напруга, кВ; ω_0 - кругова частота; C - місткість конденсатора однієї фази, μF .

У мережах вище 1 кВ конденсатори з'єднуються в зірку. При цьому в порівнянні із з'єднанням в трикутник, генерована реактивна потужність знижується в три рази.

За наявності в мережі вищих гармонік напруги в конденсаторах виникають гармоніки струмів, що призводить до перевантаження конденсаторів по струму. Тому при досить високому рівні несинусоїдності напруги використання конденсаторних батарей для компенсації реактивної потужності стає неприпустимим.

Застосування батарей статичних конденсаторів має свої переваги і недоліки.

Переваги:

- простота схем включення в електричну мережу;
- простота і зручність експлуатації;
- малі питомі втрати на вироблення 1 КВ-Ар потужності;
- відносно невисока вартість;

					ДП 2022 141	Арк.
						81
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки:

- відсутність плавного регулювання потужності, що видається в мережу;
- видавана в мережу потужність залежить від напруги;
- велика вірогідність виходу з ладу в мережах з вищими гармоніками;
- пожежо - і вибухонебезпека.

Установку батарей конденсаторів до 1 кВ безпосередньо у виробничих приміщеннях слід виконувати при дотриманні наступних умов :

- довкілля не містить пилу, що проводить, хімічно активних речовин, не віднесена до вибухонебезпечних і пожежонебезпечних зон;
- мають бути виключені механічні дії від транспортних засобів і переміщуваних вантажів;
- міра захисту оболонки конденсаторних батарей має бути не менше IP48.

Для промислових підприємств рекомендується використання комплектних конденсаторних установок.

					ДП 2022 141	Арк.
						82
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Охорона праці

Рішення, що до розміщення електротехнічного обладнання

Кабельна лінія (КЛ) - лінія для передавання електричної енергії або окремих її імпульсів. Кабельна лінія - лінія електропередачі, виконана одним чи декількома кабелями.

У разі прокладання КЛ у виробничих приміщеннях треба виконувати такі вимоги:

1. Кабелі всередині приміщень і ззовні в місцях, де можливі механічні пошкодження (пересування автотранспорту, вантажів і механізмів, доступ невикробничого персоналу) треба захищати до безпечної висоти, але не меншої ніж 2 м від рівня ґрунту або підлоги та на глибині 0,3 м. В електричних приміщеннях і технологічних цехах такий захист не обов'язковий.

2. У разі прокладання КЛ будь-якої напруги паралельно з трубопроводами відстань між ними по горизонталі в просвіті мають бути не менше ніж:

- 0,5 м – до водопроводів діаметром до 300 мм;
- 1,0 м – до водопроводів діаметром понад 300 мм, а також до трубопроводів із рідинами, прокладених без каналів;
- 0,5 м – до трубопроводів каналізації, дренажу і водостоків;
- 1,0 м – до газопроводів низького тиску (до 0,049 МПа);
- 1,5 м – до газопроводів середнього тиску (понад 0,049 МПа до 0,294 МПа);
- 2,0 м – до газопроводів високого тиску (понад 0,294 МПа до 0,588 МПа);
- 3,0 м – до газопроводів високого тиску (понад 0,588 МПа до 1,177 МПа);
- 1,0 м – до стінок каналу теплопроводів.

					ДП 2022 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона праці	Літ.	Арк.	Аркушів
Розробив		<i>Штефан В.В.</i>						
Перевірів		<i>Сірик А. О.</i>					83	
Н. Контр.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск		
Затвердив		<i>Балюта С.М</i>						

Теплопровід на всій ділянці зближення з КЛ повинен мати таку теплоізоляцію, щоб додаткове нагрівання від теплопроводу в місці прокладання кабелю в будь-яку пору року не перевищувало 10 °С для КЛ напругою до 20 кВ і 5 °С – для КЛ напругою понад 20 кВ.

Паралельно прокладати кабелі над і під трубопроводами заборонено.

На територіях стисненої забудови дозволено зменшувати відстань між кабелями і трубопроводами, крім трубопроводів з газами і горючими рідинами, до відстані:

- 0,25 м – у разі прокладання кабелів напругою до 35 кВ у трубах;
- 0,5 м – у разі прокладання кабелів напругою до 35 кВ без спеціального захисту;
- 0,5 м – у разі прокладання кабелів напругою від 110 кВ до 330 кВ на ділянках зближення довжиною, не більше ніж 50 м, за умови влаштування захисної залізобетонної стінки між кабелями і трубопроводом.

3. Прокладати КЛ в подвійній підлозі та міжповерхових перекриттях треба в кабельних каналах або трубопроводах; закладати в них кабелі наглухо не дозволено. Прокладати КЛ через перекриття та крізь внутрішні стіни треба в трубах або прорізах; після прокладання КЛ зазори в трубах і прорізах потрібно ущільнювати легкопробивним негорючим матеріалом на всю товщину будівельних конструкцій. Прокладати КЛ у вентиляційних каналах заборонено.

Дозволено перетинати ці канали одиничними КЛ з три-, чотири або п'ятижильними кабелями, укладеними в сталеві труби. Відкрите прокладання кабелю по сходових клітках заборонено.

4. Відстань між кабелями має відповідати відстані, наведеній у табл. 1

Таблиця 11.1. – Найменші відстані між елементами кабельних конструкцій і окремими кабелями в кабельних спорудах

					ДП 2022 141	Арк.
						84
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відстані	Розміри, мм	
	у тунелях, галереях, естакадах, кабельних поверхах	у кабельних каналах, подвійних підлогах
1. По вертикалі в просвіті між горизонтальними кронштейнами корисною довжиною до 0,5 м: – для кабелів до 10 кВ (крім п.2), прокладених за схемою «у площині»;	200	150
– те саме «у трикутнику»; – для кабелів від 20 кВ до 35 кВ прокладених за схемою «у площині»;	250	200
– те саме «у трикутнику»;	250	200
– для кабелів від 110 кВ до 330 кВ прокладених за схемою «у площині»;	300	250
– те саме «у трикутнику»	250	250
	350	300
2. По вертикалі в просвіті між горизонтальними кронштейнами для кабелів до 1 кВ перерізом до 3×25 мм ² , кабелів зв'язку та контрольних кабелів	100	100
3. Між опорними конструкціями (кронштейнами) по довжині споруди	Від 800 до 1000	
4. По вертикалі і горизонталі в просвіті між одиничними одножильними кабелями напругою до 35 кВ, у тому числі в кабельних шахтах	Діаметр кабелю і більше	
5. По горизонталі в просвіті між контрольними кабелями і кабелями зв'язку, у тому числі в кабельних шахтах	Не нормують	
6. По горизонталі в просвіті між одножильними кабелями напругою від 6 кВ до 330 кВ, прокладеними за схемою «у площині»	Діаметр кабелю і більше	

Шинопровід - жорсткий мідний або алюмінієвий струмопровід, який виготовляється на заводі комплектними секціями, що з'єднуються безпосередньо на місці їх використання.

1. Передбачені до використання комбіновані шинопроводи або шинопроводи для світильників мають бути комплектними і відповідати вимогам ДСТУ EN 60570:2014 Шинопроводи електричні для світильників. Загальні вимоги і випробування (EN60570:2003, IDT), Особливі вимоги до систем збірних шин (шинопроводів) та методи випробування (IEC 60439-2:2005, MOD), ДСТУ IEC 61534-21:2010.

					ДП 2022 141	Арк.
						85
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. У виробничих приміщеннях струмопроводи виконання IP00 треба розташовувати на висоті, не меншій ніж 3,5 м від рівня підлоги або майданчика обслуговування, а струмопроводи виконання до IP31 – на висоті, не меншій ніж 2,5 м.

У приміщеннях, де може перебувати лише виробничий (електротехнічний) персонал, висота встановлення струмопроводів виконання IP20 і вище не нормується.

3. Струмопроводи повинні мати додатковий захист у місцях, де можливі механічні пошкодження.

Струмопроводи і огорожі, які розміщують над проходами, треба встановлювати на висоті, не меншій ніж 1,9 м від підлоги або майданчика обслуговування.

Сітчасті огорожі струмопроводів повинні мати сітку з отворами розміром, не більше ніж 25 x 25 мм.

4. Конструкції, на які встановлюють струмопроводи, повинні мати межу вогнестійкості, не меншу ніж 0,25 год.

Отвори, які залишаються після проходження струмопроводів через елементи будівельних конструкцій, мають бути ущільненими матеріалом із ступенем вогнестійкості відповідного елемента будівельної конструкції.

Матеріали ущільнення мають суміщатися з матеріалом струмопроводу, з яким вони контактують, дозволяти теплове переміщення без погіршення ізолювальних якостей та мати необхідну механічну міцність.

5. Відстань від струмовідних частин струмопроводів без оболонок (виконання IP00) до трубопроводів має бути не менше ніж 1 м, а до технологічного устаткування – не менше ніж 1,5 м.

Відстань від шинопроводів, які мають оболонки (виконання IP21; IP31; IP44; IP51; IP65), до трубопроводів і технологічного устаткування не нормується.

6. Відстань у просвіті між провідниками різних фаз або полюсів струмопроводів без оболонок (IP00) і від них до стін будівель і заземлених

					ДП 2022 141	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструкцій має бути не менше ніж 50 мм, а до елементів будівель, виконаних з горючих матеріалів, – не менше ніж 200 мм.

7. Місця відгалужень від струмопроводів мають бути доступними для обслуговування.

Людина, яка обслуговує електричне обладнання повинна мати спеціальну групу допуску – для обслуговування кабельних ліній 1 – 3 група.

I група. Групу присвоюють особам, котрі не мають спеціальної електротехнічної підготовки, але мають елементарне уявлення про небезпеку ураження електричним струмом і про заходи електробезпеки під час роботи на обслуговуваній ділянці, електроустановці. Для I групи стаж роботи в електроустановках не нормується.

II група. Особи цієї групи повинні бути елементарно технічно ознайомлені з електроустановками, чітко уявляти небезпеку ураження електрострумом, наближення до струмопровідних частин, знати основні заходи безпеки при роботі на електроустановках, уміти надати першу допомогу.

III група. Особи, котрі належать до цієї групи, повинні знати будову електричних установок та вміти їх обслуговувати; мати уявлення про небезпеку під час обслуговування електричних установок; знати загальні правила техніки безпеки, правила допуску до роботи в електричних установках напругою до 1000 В, спеціальні правила техніки безпеки з тих видів робіт, які належать до обов'язків цієї особи; вміти здійснювати нагляд за тими, хто працює з електроустановками та надавати першу допомогу.

Тому для роботи допускаються працівники, що мають певний розряд, а також пройшли інструктажі з техніки безпеки по роботі з електротехнічним обладнанням. Ці інструктажі регламентовані такими підзаконними документами, як ПУЕ – правила улаштування електроустановок, ПТЕЕС – правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, ППБ – правила пожежної безпеки на виробництві.

					ДП 2022	141	Арк.
							87
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Для одержання групи I, незалежно від посади і фаху, необхідно пройти інструктаж з електробезпеки під час роботи в даній електроустановці з оформленням в журналі реєстрації інструктажів з питань охорони праці.

Мінімальний стаж роботи в електроустановках і видання посвідчень працівникам з групою I не вимагаються;

1) особам молодшим за 18 років не дозволяється присвоювати групу вище II;

2) для присвоєння чергової групи з електробезпеки необхідно мати мінімальний стаж роботи в електроустановках з попередньою групою;

3) для одержання груп II–III працівники мають:

а) чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках;

б) знати і уміти застосувати на практиці ці та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується;

в) знати будову і улаштування електроустановок;

г) уміти практично надавати першу допомогу потерпілим в разі нещасних випадків, в тому числі застосовувати способи штучного дихання і зовнішнього масажу серця;

Вимоги до діелектричних інструментів.

Щоб звести до мінімуму можливі травматичні ситуації, що виникають при роботі з електромеханічним обладнанням ремонтно-механічного цеху заводу різальних інструментів на кожному робочому місці повинні знаходитись засоби індивідуального захисту робітника. Засоби індивідуального захисту мають своє специфічне призначення тому при роботі з електро-технічним обладнанням користуються рекомендаціями “Правил технічної експлуатації електрообладнання споживачів” (ПТЕЕС). Згідно цих правил на робочому місці повинні знаходитись наступні захисні засоби табл. 11.2.

					ДП 2022 141	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

№ п/п	Засоби захисту (додаткові)	Кількість
1	Захисний одяг технологічний і ізолювальний	2 шт.
2	Захисні окуляри	2 шт
3	Діелектричні рукавички	2 пари
4	Бавовняні рукавички, шкіряні рукавички	2 пари
5	Каска	2 шт.
6	Пояс для роботи на висоті	2 шт.
7	Захисне взуття з ізолюваною підошвою	2 пари.

В процесі експлуатації необхідно проводити електричні випробування діелектричних рукавичок, що не мають механічних пошкоджень.

Діелектричні рукавички необхідно 1 раз на 6 міс. випробовувати протягом 60 с підвищеною напругою 6 кВ за такою методикою: рукавички необхідно занурити у металеву посудину з водою, що має температуру плюс $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$, налити також всередину рукавичок воду, рівень якої як ззовні, так і всередині рукавичок повинен бути на 50 мм нижче їхнього верхнього краю.

При цьому краї рукавичок, що виступають, повинні бути сухими. Один вивід випробного трансформатора необхідно з'єднати з посудиною і заземлити, а всередину рукавичок занурити електрод, з'єднаний з другим виводом трансформатора через міліамперметр. Струм, що у цьому разі протікатиме через рукавичку, не повинен перевищувати 6 мА.

За захисними властивостями діелектричне взуття повинне мати таке маркування: ДСТУ EN ISO 20347:2009

– Ен – гумові клеєні калоші, чоботи гумові та з полівінілхлориду – для захисту від напруги до 1000 В;

– Ев – гумові клеєні формові боти та гумові формові калоші – для захисту від

напруги понад 1000 В.

Конструктивно спеціальне діелектричне взуття повинно виготовлятися з гумового верху, гумової рифленої підошви, текстильної підкладки і внутрішніх підсилювальних деталей. В електроустановках напругою до 1000 В і більше як додатковий електрозахисний засіб необхідно застосовувати гумові діелектричні килими та ізолювальні підставки.

Гумові діелектричні килими необхідно використовувати в закритих електроустановках усіх класів напруг, крім електроустановок, розміщених в сирих приміщеннях, а також таких, що підлягають впливу забруднення, а в електроустановках, розміщених просто неба, – тільки в суху погоду.

Практичне завдання

Для запобігання електротравм і виникнення пожежі від прямого удару блискавки, розрахувати габарити пристрою блискавковідводу категорії К та зони захисту виробничих будівель, споруд розмірами $A \times B \times H$, м, що мають клас вибухопожежонебезпеки М згідно ПУЕ. Місце розташування об'єкта С, тип блискавковідводу Т. Дати у вибраному масштабі рисунок зони захисту заданим типом будови блискавковідводу.

Тип блискавковідводу : подвійний тросовий блискавковідвід.

Для вирішення задачі візьмемо конструкцію класичного подвійного тросового блискавковідводу рис. 11.1.

Основні параметри споруди : довжина $A - 65$ метрів;
ширина $B - 20$ метрів;
висота (hx) $C - 10$ метрів.

					ДП 2022 141	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

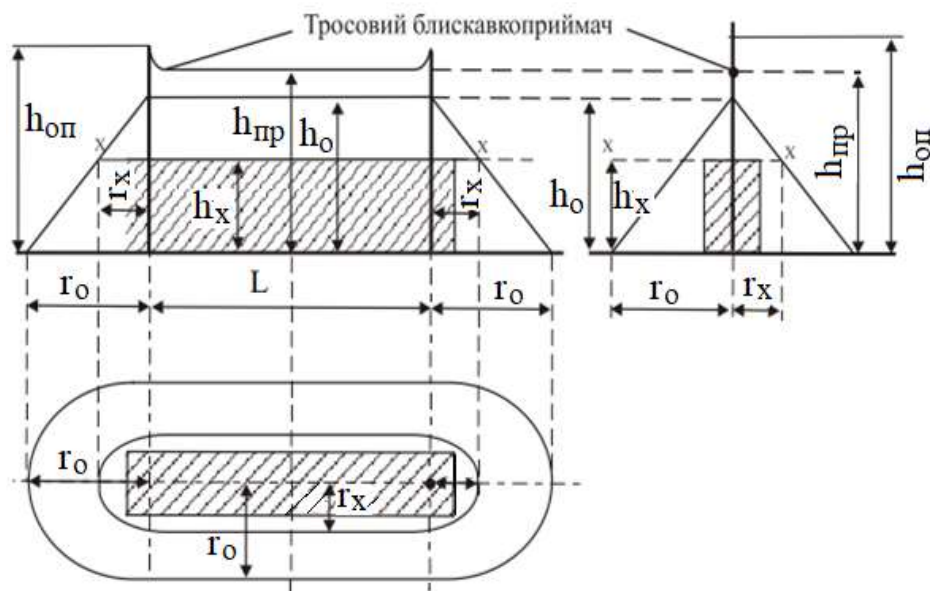


Рисунок 11.1 Схема подвійного тросового блискаковідводу

Оскільки споруда прямокутна, малий радіус r_x по вершині споруди :

$$r_x = 1/2 B = 20 : 2 = 10 \text{ м.}$$

Висота від землі до точки провисання $h_{пр}$:

$$h_{пр} = (r_x + 1,85 h_x) : 1,7 = (10 + 1,85 \times 10) : 1,7 = 16,76 \text{ м.}$$

Якщо $L < 120 \text{ м}$ (у нас – 65м.), то висота опори троса :

$$h_{оп} = h_{пр} + 2 = 16,76 + 2 = 18,76 \text{ м.}$$

Активна висота зони захисту h_0 :

$$h_0 = 0,85 \times h_{пр} = 0,85 \times 16,76 = 14,25 \text{ м.}$$

Знаходимо радіус зони захисту на рівні землі - r_0 :

$$r_0 = (1,35 - 0,0025 \times h_{оп}) \times h_{оп} = 24,4 \text{ м.}$$

Знаходимо радіус зони захисту (r_x) на висоті споруди (h_x) :

$$r_x = (1,35 - 0,0025 \times h_{пр}) \times (h_{пр} - 1,2 h_x) =$$

$$= (1,35 - 0,0025 \times 16,76) \times (16,76 - 1,2 \times 10) = 6,23 \text{ м.}$$

Згідно рис. 11.1 визначимо відстань L між опорами :

$$L = 2(r_0 - r_x) = 2(24,4 - 6,23) \leq 36,34 \text{ м.}$$

Для визначення відстані d_x між паралельними тросами скористуємось розрізом схеми тросових блискавковідводів, що змодельовано згідно отриманих нами розрахунків рис. 11.2.

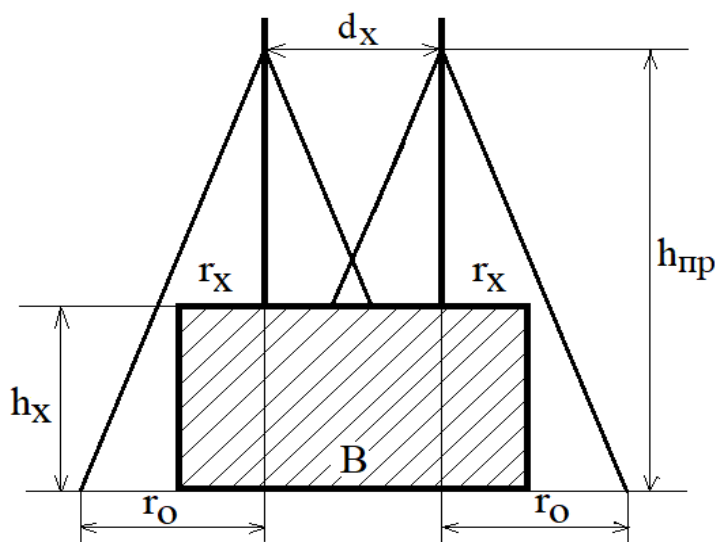


Рисунок 11.2 Схема перекриття двотросовим захистом

Зона перекриття для одного тросу (d_x) на рівні висоти споруди :

$$d_x = 2 r_x = 6,23 \times 2 = 12,46 \text{ м.}$$

Висновок.

При наявності двох блискавкозахисних тросів і отриманих розрахунках

ми маємо гарантований захист споруди з невеликим перекриттям. Тому відстань між блискавковідводами повинна бути $d_x \leq 12,46 \text{ м.}$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Список літератури

1. Сірий О. М., Шестеренко В. Є. Розрахунки при проектуванні та реконструкції системи електропостачання промислових підприємств: Навч. посібник. – Київ, 1993 – 592 с.
2. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учеб. Пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.: ил.
3. Правила устройств электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. 648 с.
4. Электротехнический справочник: В 3-х т. / Под общ. ред. проф. В. Г. Герасимова, П. Г. Грудинського, Л. А. Жукова и др. 6-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1980. 520 с.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2-х т. / Под общ. ред. А. А. Федоров и Г. В. Сербиновского: –М: Энергоатомиздат, 1980. 598 с.
6. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования: / Под общ. ред. В. И. Круповича, Ю. Г. Барыбина: –М: Энергоатомиздат, 1981. 408 с.
7. В. А. Андреев. Релейная защита, автоматика в системах электроснабжения: Учебник для вузов – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1985. 391 с.
8. А. А. Федоров, В. В. Каменева. основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов – 4-е изд. перер. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

					ДП 2022 141							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розробив		Штефан В.В.			Література				Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевірив		Ізволеньський									93	
Н. Контр.									ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого, ЗЕЛ5-5ск			
Затвердив		Балюта С.М										

9. Справочная книга для проектирования электрического освещения. / Под ред. Г. М. Кнорринга. –М.: 1976.

10. Электрические системы и сети / Н.В.Буслова, В.Н.Винославский, Г.И.Денисенко, В.С.Перхач; Под ред. Г.И.Денисенко. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 584 с.

11. Электротехнический справочник В 3-х т. Т. 3. Кн. 1. Производство, передача и распределение электрической энергии / Под ред. профессоров МЭИ В.Г.Герасимова, П.Г.Грудинского, Л.А.Жукова и др. – 6-е изд., испр. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 656 с.

12. Хершель Рудольф. Турбо Паскаль 4.0/5.0 / 2-е изд., перераб. – Вологда: МП «МИК», 1991. – 342 с.

13. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломного проекту / Ю. М. Ухналевський. – К.: УДУХТ, 2002.-16 с.

14. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред. Б. А. Князевского– М.: Энергоатомиздат, 1983. 336 с.

15. Положення про порядок проведення евакуації населення у разі загрози або виникнення надзвичайної ситуації техногенного або природного характеру / Постанова КМУ від 26 жовтня 2001 р. № 1432.

					ДП 2022	141	Арк.
							94
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			