

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»

«До захисту допущено»

Директор інституту (декан факультету)

Завідувач кафедри

_____ Сергій Блаженко
(підпис) (прізвище та ініціали)

_____ Сергій Балюта
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 2023 р.

«__» _____ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Електротехнічні системи електроспоживання»

на тему: «Розробка системи електропостачання електричної котельні загальною теплопродуктивністю 52 Гкал/год в м. Ужгород та використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах»

Виконав: здобувач 5 курсу, групи ЗЕЛ-5-7 ск _____

_____ Симочко Юрій Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

_____ (підпис)

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

_____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Здобувач _____ (підпис)

Київ – 2023 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання і енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« » 2022 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Симочко Юрій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання електричної котельні загальною теплопродуктивністю 52 Гкал/год в м. Ужгород та використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах

керівник роботи ст. викладач Мащенко Олег Анатолійович

затверджені наказом закладу вищої освіти від «11» 11.2022 р. № 809-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 25 січня 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план електрокотельні в м. Ужгород; характеристика споживачів електричної енергії; відомості про джерела живлення; умови проектування

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Коротка характеристика об'єкту й джерел електропостачання; розрахунок електричного освітлення та електричних навантажень; визначення центру електричних навантажень електрокотельні; вибір компенсуючого пристрою на напругу 0,4 кВ; розрахунок і вибір числа й потужності трансформаторів цехової підстанції; обґрунтування схем електропостачання на підставі техніко-економічного порівняння варіантів; розрахунок живильних і розподільчих мереж; розрахунок струмів трифазного короткого замикання в мережах напругою до та понад 1000 В; вибір апаратів на напругу понад 1000 В; вибір і перевірка шин на термічну й електродинамічну стійкість; вибір електричних апаратів і провідників напругою до 1000 В; облік електроенергії; розрахунок захисту високовольтного двигуна; спецпитання «Використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах»; розділ «Охорона праці»

5. Перелік графічного матеріалу

1. Генеральний план електрокотельні з картограмою навантажень. 2. Принципова схема електропостачання електрокотельні ВРП-220 кВ. 3. Принципова схема електропостачання електрокотельні ЗРП-6 кВ. 4. Релейний захист електродвигуна.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ОП	доц. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 11 листопада 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання завдання на дипломний проєкт	11.11.2022 р	
2	Вступ	13.11.2022 р	
3	Коротка характеристика об'єкту й джерел електропостачання	16.11.2022 р	
4	Розрахунок електричного освітлення	18.11.2022 р	
5	Розрахунок електричних навантажень	20.11.2022 р	
6	Визначення центру електричних навантажень електрокотельні	22.11.2022 р	
7	Вибір компенсуючого пристрою на напругу 0,4 кВ	24.11.2022 р	
8	Розрахунок і вибір числа й потужності трансформаторів цехової підстанції	26.11.2022 р	
9	Обґрунтування схем електропостачання	28.11.2022 р	
10	Розрахунок живильних і розподільчих мереж	01.12.2022 р	
11	Розрахунок струмів трифазного КЗ	07.12.2022 р	
12	Вибір апаратів на напругу понад 1000 В	14.12.2022 р	
13	Вибір і перевірка шин на термічну й електродинамічну стійкість	18.12.2022 р	
14	Розрахунок струму трифазного короткого замикання в мережах напругою до 1000 В	22.12.2022 р	
15	Вибір електричних апаратів напругою до 1000 В	28.12.2022 р	
16	Вибір провідників напругою до 1000 В	03.01.2023 р	
17	Облік електроенергії	06.01.2023 р	
18	Розрахунок захисту високовольтного двигуна	08.01.2023 р	
19	Специфікація «Використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах»	11.01.2023 р	
20	Охорона праці й навколишнього середовища	15.01.2023 р	
19	Список літератури	17.01.2023 р	
20	Оформлення графічної частини проєкту	20.01.2023 р	
21	Оформлення пояснювальної записки проєкту	24.01.2023 р	
22	Здача дипломного проєкту на перевірку	25.01.2023 р	

Здобувач

_____ (підпис)

Симочко Ю.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Мащенко О.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Симочко Юрій Васильович. Дипломний проєкт на тему:

«Розробка системи електропостачання електричної котельні загальною теплопродуктивністю 52 Гкал/год в м. Ужгород та використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах»

Національний Університет Харчових Технологій, Київ -2023

141. «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Додана пояснювальна записка складається із вступу, 18 розділів та списку використаної літератури. Обсяг проєкту становить 101 сторінку.

До опису надано графічну частину, яка складається із чотирьох креслень: генеральний план електрокотельні з картограмою навантажень, принципова схема електропостачання електрокотельні ВРП-220 кВ, принципова схема електропостачання електрокотельні ЗРП-6 кВ, релейний захист електродвигуна.

Розрахунки й аналіз виконані за допомогою методик, що викладені у навчальній, довідниковій, нормативній і науково-технічній літературі.

У результаті виконання проєкту наведено короткий опис об'єкту й джерел електропостачання та технологічної схеми; виконаний розрахунок електричних навантажень та електричного освітлення; побудовано карторгаму навантажень та визначено його центр; розраховано і вибрано число й потужність трансформаторів цехової підстанції, а також компенсуючого пристрою на напругу 0,4 кВ; обґрунтовано та вибрано схему електропостачання електрокотельні на підставі техніко-економічного порівняння варіантів; розраховано живильні та розподільчі мережі; розраховано струми трифазного короткого замикання в мережах напругою до та понад 1000 В; вибрано електричні апарати та провідники на напругу до та понад 1000 В і перевірено їх до дії струмів короткого замикання; розраховано захист високовольтного двигуна; розглянуто питання обліку електричної енергії. Розглянуто питання щодо використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах.

У розділі охорона праці наведено характеристику й аналіз виробничих небезпечних і шкідливих факторів, а також засоби й заходи по нормалізації умов праці та розраховано заземлення і блискавкозахист електрокотельні.

Ключові слова: електрична котельня, електричне навантаження, електричне освітлення, струм короткого замикання, високовольтний двигун, цехові трансформатори, електричні апарати, компенсуючий пристрій, пускорегулюючі апарати.

Abstract

SIMOCHKO YURY. Diploma project on the topic: " Development of the power supply system of an electric boiler house with a total heat output of 52 Gcal/h in the city of Uzhhorod and the use of modern start-up control devices in lighting devices"

National University of Food Technologies, Kyiv -2023

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

The attached explanatory note consists of an introduction, 18 chapters and a list of references. The volume of the project is 101 pages.

The graphic part, which consists of four drawings, is included in the description: the general plan of the boiler room with a load map, the schematic diagram of the power supply of the VRP-220 kV electric boiler, the schematic diagram of the power supply of the ZRP-6 kV electric boiler, relay protection of the electric motor.

Calculations and analysis were performed using the methods described in educational, reference, regulatory and scientific and technical literature.

As a result of the implementation of the project, a brief description of the object and sources of power supply and technological scheme is given; the calculation of electrical loads and electrical lighting has been performed; a cartogram of loads was built and its center was determined; calculated and selected the number and power of workshop substation transformers, as well as compensating device for a voltage of 0.4 kV; justified and selected the power supply scheme of the boiler house on the basis of technical and economic comparison of options; feeding and distribution networks are calculated; three-phase short-circuit currents in networks with a voltage of up to and over 1000 V are calculated; electrical devices and conductors with a voltage of up to and over 1000 V are selected and tested for short-circuit currents; the protection of the high-voltage motor is calculated; the issue of accounting for electric energy is considered. The question regarding the use of modern control devices in lighting devices is considered.

In the occupational health and safety section, a description and analysis of industrial dangerous and harmful factors, as well as means and measures for normalization of working conditions are given, and grounding and lightning protection of the electric boiler room are calculated.

Key words: electric boiler room, electric load, electric lighting, short-circuit current, high-voltage motor, workshop transformers, electrical devices, compensating device, starting control devices.

Зміст

	Вступ.....	7
1.	Коротка характеристика об'єкту й джерел електропостачання.	9
1.1.	Опис технологічної схеми об'єкту.....	9
2.	Розрахунок електричного освітлення.....	11
3.	Розрахунок електричних навантажень.....	15
4.	Визначення центру електричних навантажень електрокотельні.....	20
5.	Вибір компенсуючого пристрою на напругу 0,4 кВ.....	22
6.	Розрахунок і вибір числа й потужності трансформаторів цехової підстанції.....	23
7.	Обґрунтування схем електропостачання.....	25
7.1.	Вибір напруги живлення електрокотельні на підставі техніко- економічного порівняння варіантів (110 і 220 кВ).....	25
7.2.	Вибір схеми електропостачання.....	30
7.3.	Вибір режиму роботи нейтралі.....	31
8.	Розрахунок живильних і розподільчих мереж.....	33
8.1.	Вибір провідників напругою понад 1000 В.....	33
9.	Розрахунок струмів трифазного короткого замикання.....	36
10.	Вибір апаратів на напругу понад 1000 В.....	43
10.1.	Вибір високовольтних вимикачів.....	43
10.2.	Вибір роз'єднувачів.....	46
10.3.	Вибір вимірювальних трансформаторів струму.....	46
10.4.	Вибір вимірювальних трансформаторів напруги.....	49

					<i>ДП 2023 141</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Симочко Ю.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.			5		
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

Зміст

10.5.	Вибір обмежувачів перенапруги.....	50
11.	Вибір і перевірка шин на термічну й електродинамічну стійкість.....	51
11.1.	Перевірка високовольтних кабелів на стійкість до струмів короткого замикання.....	52
12.	Розрахунок струму трифазного короткого замикання в мережах напругою до 1000 В.....	54
13.	Вибір електричних апаратів напругою до 1000 В.....	58
14.	Вибір провідників напругою до 1000 В.....	62
15.	Облік електроенергії.....	64
16.	Розрахунок захисту високовольтного двигуна.....	67
17.	Спецпитання. Використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах.....	72
18.	Охорона праці.....	88
	Список літератури.....	100

					ДП 2023 141	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Актуальність проведення енергозбереження в системах енергозабезпечення будинків і комплексів важко переоцінити. На теплопостачання будинків у цей час затрачається приблизно 45 % всіх енергетичних ресурсів, що витрачаються в країні. Це в 2,3 рази більше, ніж іде палива на виробництво електроенергії. У холодні зими ця цифра виростає ще на 30-50 млн т.у.п.

Від стану теплового господарства, можливості проведення масштабної енергозберігаючої політики у визначальній мері залежить стратегія розвитку енергетичного комплексу України в цілому.

Понад 40-45 % витрат теплової енергії направлялося на опалення й гаряче водопостачання невиробничої сфери. При цьому дефіцит теплової потужності становить близько 20 % потреби. Запуск розморожених опалювальних систем після аварії приводить до перевитрати енергії на порядок у порівнянні з нормальною потужністю. Витрата теплоти на опалення й гаряче водопостачання становить близько 75 % всієї енергії, споживаної в домогосподарствах. Низькі ціни на електро- і теплоенергію протягом тривалого часу стимулювали спорудження енергорозтратних житлових, промислових, громадських будинків. Оцінимо орієнтовно енергопотреби звичайної родини. Готування їжі, холодильник, телевізор, фен із праскою, музика зі світлом – два - три кВт.год на добу. Все це разом приблизно один кілограм умовного палива. Більшості квартир у нашому житловому фонді холодною димою на добу для цього потрібно 40-50 кВт.год, або 130-150 МДж. А як як це тепло у квартиру доставити – можливі різні схеми. Якщо опалювальна котельня поруч, то для цього буде потрібно 5-6 кг умовного палива, плюс втрати в мережах. Якщо опалювати квартиру духовкою або газовою плитою – рази в два більше, оскільки тепло буде використовуватися менш ефективно.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Симочко Ю.В.</i>			Вступ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					7	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Електроопалення за допомогою обігрівачів зажадає для цього спалити як мінімум у три рази більше, за 15 кг умовного палива. Це і є ціна відключень, ціна оман і спекуляцій навколо енергооб'єктів. За кожні три кіловат-години, які ми витрачаємо в будинку, у найкращому випадку спалюється мінімум один кілограм умовного палива, приблизно 10 кубометрів кисню, а в атмосферу замість цього енергетики викидають стільки ж вуглекислого газу. І по дрібницям – окисли азоту, сірки – від мазуту, золи – від вугілля. І це все – для забезпечення нашого комфорту, це соціально-екологічна ціна енергії. Енергетики, розглядаючи теплофікаційні системи, не задавалися завданням аналізувати сукупну ефективність розподілу теплоти безпосередньо всередині будинку, а фахівці з опалення не ставили завдання оптимізації параметрів теплоенергетичного обладнання будинків протягом усього опалювального періоду. З ексергетичної точки зору система опалення будинків взагалі є «зразком» енергетичної марнотратності – спалювати висококалорійне паливо з температурою за 2000 °С, щоб, в остаточному підсумку, підвищити температуру в будинках на 15-20 °С, при цьому ексергетичний ККД усього комплексу не досягає й 1 %.

Енергозбереження є в цей час одним з основних напрямків технологічної політики у всіх промислово розвинених країнах. Основні причини цього – обмеженість енергетичних ресурсів і зростання складності їхнього видобутку, наслідком чого є ріст цін на всі їхні види.

					ДП 2023 141	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тип СЭ-800-55-11

тип электродвигуна ДАВ - 400 – 4У3

$Q = 800 \text{ м}^3$; $H = 0,55 \text{ МПа}$ $P_{\text{НОМ}} = 400 \text{ кВт}$; $n = 1500 \text{ об/хв}$; $U_{\text{НОМ}} = 6 \text{ кВ}$

Допоміжне обладнання:

конденсатний насос кількістю 2 шт. $P_{\text{НОМ}} = 5,5 \text{ кВт}$; $n = 2850 \text{ об/хв}$; $U_{\text{НОМ}} = 0,4 \text{ кВ}$;

насос акумуляторних баків кількістю 2 шт. $P_{\text{НОМ}} = 15 \text{ кВт}$; $n = 1450 \text{ об/хв}$; $U_{\text{НОМ}} = 0,4 \text{ кВ}$;

дренажний насос кількістю 2 шт. $P_{\text{НОМ}} = 7,45 \text{ кВт}$; $n = 2900 \text{ об/хв}$; $U_{\text{НОМ}} = 0,4 \text{ кВ}$;

насос охолодження підшипників кількістю 2 шт. $P_{\text{НОМ}} = 11 \text{ кВт}$; $n = 1450 \text{ об/хв}$;
 $U_{\text{НОМ}} = 0,4 \text{ кВ}$.

					ДП 2023 141	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

Розрахунок освітлення методом коефіцієнта використання світлового потоку

Раціональне електричне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, зберігає зір. При проектуванні електричного освітлення слід мати на увазі й економію електроенергії. Раціональне штучне освітлення має забезпечувати достатню, рівномірну, без тіней освітленість робочої поверхні, відсутність сліпучої дії джерел світла й сталість освітленості в часі.

Величина необхідної освітленості залежить від ступеня точності роботи, від розмірів оброблюваних деталей, від характеристики фону й контрасту між деталлю й фоном.

Метод коефіцієнта використання застосовується для розрахунку загального освітлення при симетричному розташуванні світильників. Відповідно до цього методу спочатку виконується розрахунок світлового потоку однієї лампи, по необхідній освітленості, що береться з довідкових даних, і по параметрах приміщення. Потім по отриманому світловому потоку вибирається або потужність лампи, або коректується їхнє число.

Розрахунок по даному методу проведемо для вибору параметрів освітлення в електрокотельному відділенні. Оскільки, висота приміщення відділення насосів досить велика (7 метрів) і температура всередині приміщення постійна, то для загального освітлення скористаємося світильниками з лампами типу ДРЛ

Вибираємо тип світильника – РСП08, його параметри з [1, табл. 1 стор. 36].

Даний вид світильників рекомендується для виконання загального освітлення всередині, а також зовні приміщень у сухому й вологому середовищах.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Симочко Ю.В.</i>			2. Розрахунок електричного освітлення	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					11	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Тип пускорегулюючої апаратури	1Н250ИЗ7-100ХЛ2
Тип лампи	ДРЛ 250
Тип патрона	Е4 ЦКБ-03 ТУ 16-675.121-85

[1, табл. 2. стор. 35].

Захисний кут	15 град
КПД із дифузорним відбивачем	75 %
Коефіцієнт потужності не нижче	$\cos\varphi = 0,53$

$P_{\text{л}}=250$ Вт $\Phi_{\text{л}}=11000$ лм [2, стор 28 табл. 3].

Визначимо розрахункову висоту підвісу, якщо:

$h_{\text{н}} = 6,6$ м висота світильників над підлогою

$h_{\text{с}} = 0,4$ м висота звисання світильників

$h_{\text{р}} = 0,8$ м висота робочої поверхні

$H = 7$ м загальна висота будівлі

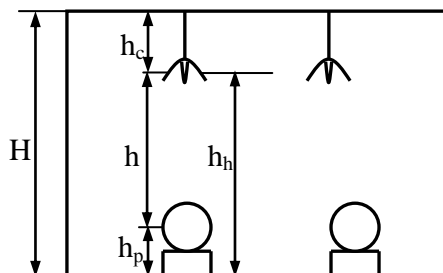


Рис.2.1. Висота підвісу світильників

Тоді розрахункова висота буде дорівнювати:

$$h = H - h_{\text{с}} - h_{\text{р}} \quad (1)$$

$$7 - 0,4 - 0,8 = 5,8 \text{ м}$$

Оскільки, висота світильників над підлогою перевищує 5 метрів, то обслуговування світильників буде проводитися зі спеціально обладнаної площадки на кран-балці.

По наведеним у довіднику ([2] стор. 123 табл. 4 (для косинусної кривої)) оптимальним співвідношенням відстані між світильниками й висотою їхнього підвісу визначимо оптимальну відстань між світильниками при знайденій висоті

										ДП 2023 141	Арк.
											12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

3. РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Основним методом розрахунку електричних навантажень промислових підприємств є метод коефіцієнта максимуму, рекомендований в «Руководящих указаниях по определению электрических нагрузок промышленных предприятий». Метод застосовується в тих випадках, коли відомі номінальні дані всіх ЕП підприємства і їхнє розміщення на плані цехів та на території підприємства. Метод дозволяє по номінальній потужності ЕП з урахуванням їх числа й характеристик визначити розрахункове навантаження будь-якого вузла схеми електропостачання.

Розрахунок навантаження групи електроприёмников приєднаних до ЩСУ-1:

I. Визначаємо середні навантаження за найбільш завантажену зміну:

1. Насос акумуляторних баків:

$$P_{CM1} = P_{H1} \cdot n \cdot K_B = 15 \cdot 1 \cdot 0,65 = 9,75 \text{ кВт},$$

де P_H – номінальна потужність, приведена до 100 %, кВт;

n – кількість електроспоживачів;

K_B – коефіцієнт використання.

$$Q_{CM1} = P_{CM1} \cdot \text{tg } \varphi = 9,75 \cdot 0,75 = 7,31 \text{ квар.}$$

2. Конденсатний насос:

$$P_{CM2} = P_{H2} \cdot n \cdot K_B = 5,5 \cdot 1 \cdot 0,65 = 3,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM2} = P_{CM2} \cdot \text{tg } \varphi = 3,6 \cdot 0,75 = 2,7 \text{ квар.}$$

3. Насос охолодження підшипників:

$$P_{CM3} = P_{H3} \cdot n \cdot K_B = 11 \cdot 1 \cdot 0,65 = 7,15 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM3} = P_{CM3} \cdot \text{tg } \varphi = 7,15 \cdot 0,75 = 5,36 \text{ квар.}$$

4. Дренажний насос:

$$P_{CM4} = P_{H4} \cdot n \cdot K_B = 7,45 \cdot 1 \cdot 0,65 = 4,84 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM4} = P_{CM4} \cdot \text{tg } \varphi = 4,84 \cdot 0,75 = 3,63 \text{ квар.}$$

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			3. Розрахунок електричних навантажень	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Машенко О.А.					15	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Електрообладнання електростанції

Найменування вузлів живлення й груп електроспоживачів	Кількість електроспоживачів	K_B	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{\text{ном}}$, кВт
РП -0,4 кВ					
ЩСУ-1					
Насос акумуляторних баків	1	0,65	0,8	0,75	15
Конденсатний насос	1	0,65	0,8	0,75	5,5
Насос охолодження підшипників	1	0,65	0,8	0,75	11
Дренажний насос	1	0,65	0,8	0,75	7,45
Кран-балка					
Двигун ходу балки	1	0,1	0,5	1,73	18
Двигун ходу візка	1	0,1	0,5	1,73	5,5
Двигун підйому/спуску	1	0,1	0,5	1,73	30
Робоче освітлення	1	0,85	0,95	0,7	14,55
ЩСУ-2					
Насос акумуляторних баків	1	0,65	0,8	0,75	15
Конденсатний насос	1	0,65	0,8	0,75	5,5
Насос охолодження підшипників	1	0,65	0,8	0,75	11
Дренажний насос	1	0,65	0,8	0,75	7,45
Аварійне освітлення	1	0,85	0,95	0,7	6,6
РП-6 кВ					
Мережний насос 1 ступеню	2	0,9	0,89	0,51	315
Мережний насос 2 ступеню	2	0,9	0,89	0,51	400
Електростанція	6	0,8	0,95	0,33	10000

5. Кран - балка:

а) Двигун ходу кран - балки (ПВ = 40%)

$$P_{\text{СМа}} = P_{\text{На}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 40\%}{ПВ = 100\%}} \cdot K_B \cdot n = 18 \cdot \sqrt{0,4} \cdot 0,1 \cdot 1 = 1,134 \text{ кВт}$$

б) Двигун ходу візка (ПВ = 40%)

										Арк.
										16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$P_{CM6} = P_{H6} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 40\%}{ПВ = 100\%}} \cdot K_B \cdot n = 5,5 \cdot \sqrt{0,4} \cdot 0,1 \cdot 1 = 0,347 \text{ кВт}$$

в) Двигун підйому /спуска (ПВ = 60%)

$$P_{CMB} = P_{HB} \cdot \sqrt{\frac{ПВ = 60\%}{ПВ = 100\%}} \cdot K_B \cdot n = 30 \cdot \sqrt{0,6} \cdot 0,1 \cdot 1 = 2,34 \text{ кВт.}$$

Сумарна потужність кран - балки:

$$P_{CM5} = P_{CMA} + P_{CM6} + P_{CMB} = 1,134 + 0,347 + 2,34 = 3,821 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM5} = P_{CM5} \cdot \text{tg } \varphi = 3,821 \cdot 1,73 = 6,6 \text{ квар.}$$

6. Робоче освітлення:

$$P_{CM6} = P_{H6} \cdot n \cdot K_B = 14,55 \cdot 1 \cdot 0,85 = 12,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{CM4} = P_{CM4} \cdot \text{tg } \varphi = 12,4 \cdot 0,7 = 8,68 \text{ квар.}$$

II. Визначаємо сумарні навантаження:

$$\begin{aligned} \Sigma P_H &= P_{H1} + P_{H2} + P_{H3} + P_{H4} + P_{H5} + P_{H6} = \\ &= 15 + 5,5 + 11 + 7,45 + (18 + 5,5 + 30) + 14,55 = 107 \text{ кВт;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma P_{CM} &= P_{CM1} + P_{CM2} + P_{CM3} + P_{CM4} + P_{CM5} + P_{CM6} = \\ &= 9,75 + 3,6 + 7,15 + 4,84 + 3,821 + 12,4 = 41,56 \text{ кВт;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma Q_{CM} &= Q_{CM1} + Q_{CM2} + Q_{CM3} + Q_{CM4} + Q_{CM5} + Q_{CM6} = \\ &= 7,31 + 2,7 + 5,36 + 3,63 + 6,6 + 8,68 = 51,3 \text{ квар.} \end{aligned}$$

III. Коефіцієнт використання визначається наступним чином:

$$K_e = \frac{\sum P_{cm}}{\sum P_n} = \frac{41,56}{107} = 0,38 \quad (11)$$

IV. Відношення потужностей у групі:

$$m = \frac{P_{nmax}}{P_{nmin}} = \frac{30}{5,5} = 5,46 \quad (12)$$

V. Визначення ефективного числа електроспоживачів:

При $m < 3$ приймається дійсне число електроспоживачів, $m > 3$ і $K_B > 0,2$ ефективне число електроспоживачів визначається по нижче наведеній формулі:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_{ном}}{P_{номmax}} = \frac{2 \cdot 107}{30} = 6,87 \approx 7,13 \quad (13)$$

										ДП 2023 141	Арк.
											17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

VI. K_M – таблична величина, прийнята залежно від значення K_B й ефективного числа електроспоживачів n_e .

У нашому випадку $K_B = 0,38$ і $n_e = 7,13$; $K_M = 1,58$

VII. Розрахункове максимальне навантаження

$$P_M = K_M \cdot P_{CM} = 1,58 \cdot 41,56 = 65,66 \text{ кВт.}$$

При $n_e > 10$ максимальне реактивне навантаження приймається рівним середньозмінному навантаженню, а при $n_e < 10$ на 10 % більше середньозмінного.

VIII. Визначення повної потужності ЩСУ-1:

$$Q_M = 1,1 \cdot Q_{CM} = 1,1 \cdot 51,3 = 56,43 \text{ квар;}$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{65,66^2 + 56,43^2} = 86,6 \text{ кВА.}$$

IX. Визначення максимального розрахункового струму ЩСУ-1:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{86,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 131,7 \text{ А} \quad (14)$$

Навантаження 6 кВ:

Асинхронні двигуни.

I. Мережний насос 1 ступеню

$$P_{CM} = P_M = P_H \cdot n \cdot K_B = 315 \cdot 2 \cdot 0,9 = 567 \text{ кВт.}$$

$$Q_{CM} = Q_M = P_{CM} \cdot \text{tg} \varphi = 567 \cdot 0,51 = 289,2 \text{ квар.}$$

II. Мережний насос 2 ступеню

$$P_{CM} = P_M = P_H \cdot n \cdot K_B = 400 \cdot 2 \cdot 0,9 = 720 \text{ кВт.}$$

$$Q_{CM} = Q_M = P_{CM} \cdot \text{tg} \varphi = 720 \cdot 0,51 = 367,2 \text{ квар.}$$

III. Електрокотел

$$P_{CM} = P_M = P_H \cdot n \cdot K_B = 10000 \cdot 6 \cdot 0,8 = 48000 \text{ кВт.}$$

$$Q_{CM} = Q_M = P_{CM} \cdot \text{tg} \varphi = 48000 \cdot 0,33 = 15840 \text{ квар.}$$

Розрахунок навантажень на ЩСУ-2 аналогічний. Результати розрахунку заносимо в табл. 3.2.

										Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Таблиця 3.2. Розрахунок навантажень

№ п/п	Найменування електроспоживачів	Кількість електроспо- живачів	Встановлена потужність приведена до 100 %		K _B	cosφ	tgφ	m	n _e	Середнє навантаження за найбільш завантажену зміну		Км	Максимальна потужність			I _{max}	
			одного	загальна						P _{см, кВт}	Q _{см, кВар}		P _{max}	Q _{max}	S _{max}		
			4	5													11
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
РП – 0,4																	
ЩСУ - 1																	
1	Н.А.Б.	1	15	15	0,65	0,8	0,75			9,75	7,31						
2	К.Н.	1	5,5	5,5	0,65	0,8	0,75			3,6	2,7						
3	Н.О.П.	1	11	11	0,65	0,8	0,75			7,15	5,36						
4	Д.Н.	1	7,45	7,45	0,65	0,8	0,75			4,84	3,63						
5	Кран-балка									3,821	6,6						
5.а	Двигун ходу балки	1	11,34	38,21	0,1	0,5	1,73			1,134							
5.б	Двигун ходу візка	1	3,47		0,1	0,5	1,73			0,3465							
5.в	Двигун підйому/спуску	1	2,34		0,1	0,5	1,73			2,34							
6	Робоче освітлення	1	14,55	14,55	0,85	0,95	0,7			12,4	8,68						
	Всього по ЩСУ - 1	8	3,47-15	91,71				m>3	8	41,56	51,3	1,52	65,66	56,43	86,6	131,7	
ЩСУ – 2																	
1	Н.А.Б.	1	15	15	0,65	0,8	0,75			9,75	7,31						
2	К.Н.	1	5,5	5,5	0,65	0,8	0,75			3,6	2,7						
3	Н.О.П.	1	11	11	0,65	0,8	0,75			7,15	5,36						
4	Д.Н.	1	7,45	7,45	0,65	0,8	0,75			4,84	3,63						
5	Аварійне освітлення	1	6,6	6,6	0,85	0,95	0,7			5,61	3,93						
	Всього по ЩСУ - 2	5	5,5-11	45,55				m>3	4	30,95	22,93	1,29	39,93	25,17	47,2	71,8	
	Загальне навантаження 0,4 кВ	13	3,47-15	137,26						72,51	74,18						
РП – 6 кВ.																	
1	С.Н.- 1 ступеня	2	315	630	0,9	0,89	0,51			567	289,2		567	289,2			
2	С.Н.- 2 ступеня	2	400	800	0,9	0,89	0,51			720	367,2		760	367,2			
3	Електрокотел	6	10000	60000	0,8	0,95	0,33			48000	15840		48000	15840			
	Загальне навантаження 6 кВ	10	200-10000	61430						49289	16496,4		49287	16496,4			
	Загальне навантаження	23	3,47-10000	61567,26						49365,33	16553,61		49392,59	16578	52100,46		

4. ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРУ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЕЛЕКТРОКОТЕЛЬНІ

Побудова картограми навантажень

Для визначення місця розташування ГПП при проектуванні систем електропостачання на генеральний план електростанції наноситься картограма навантажень, що являє собою розміщені на генеральному плані кола, причому площа кола, у вибраному масштабі дорівнює розрахунковому навантаженню електростанції. Площа круга в певному масштабі дорівнює розрахунковому навантаженню електростанції: $P_i = \pi \cdot r^2 \cdot m$ із цього виразу радіус кола:

$$r = \sqrt{\frac{P_i}{\pi \cdot m}}, \text{ де } P_i - \text{ потужність електростанції, } m = 15 \frac{\text{кВт}}{\text{см}^2} - \text{ масштаб для}$$

визначення радіуса кола. Представимо таблицю з величинами навантажень електростанції:

Таблиця 4.1

Навантаження електростанції

Найменування	Навантаження, кВт	
	6 кВт	0,4 кВт
Електростанція	49392,59	105,59

По наведеній вище формулі визначимо радіус кола, а також обчислимо кут сектора навантаження 0,4 кВт для електростанції.

$$\alpha = \frac{P_{M04}}{P_{\Sigma}} = \frac{105,59}{49392,59} \cdot 360 = 0,77^\circ \quad (15)$$

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			4. Визначення центру електричних навантажень електростанції	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					20	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Визначення центру електричних навантажень

Підстанція ГПП є однією з основних ланок системи електропостачання. Тому оптимальне розміщення підстанцій на території електростанції найважливіше питання при побудові раціональних систем електропостачання. Найвигіднішою точкою розміщення джерела живлення (ГПП) є точка центру електричних навантажень (ЦЕН).

Розміщення джерела або розподільчого пункту живлення якнайближче до ЦЕН передбачить наступні цілі:

1. мінімізацію сумарної довжини внутрігрупової мережі;
2. забезпечення по можливості більше близьких один до одного рівнів напруги в споживачів;
3. мінімізацію втрат електроенергії або сумарних приведених річних витрат.

Розрахунок ЦЕН будемо виконувати по навантаженню електростанції. Приведемо дані навантаження й координати в таблицю. Для визначення координат навантаження довільним чином накреслимо координатні прямі на генеральному плані електростанції.

Таблиця 4.2

Таблиця потужності й координат навантаження для визначення ЦЕН

Назва електроспоживача	Потужність, кВт	Координати	
		X	Y
Електростанція	49963,57	190	80

Координати ЦЕН визначимо по формулах:

$$X_{Ц} = \frac{\sum P_i \cdot X_i}{\sum P_i} \quad Y_{Ц} = \frac{\sum P_i \cdot Y_i}{\sum P_i} \quad (16)$$

Розрахована точка вийшла в центрі приміщення електростанції. Переносимо місце розташування ГПП у точку зручну по технологічних міркуваннях. Економічно більш вигідно зміщати підстанцію вбік живильної лінії. Вкажемо на генеральному плані місце розташування понижувальної підстанції.

5. ВИБІР КОМПЕНСУЮЧОГО ПРИСТРОЮ НА НАПРУГУ 0,4 кВ

Для зменшення втрат в електричних мережах необхідно домогтися мінімуму споживання реактивної потужності, оскільки при передачі реактивної енергії необхідної для створення електромагнітних полів трансформаторів, двигунів відбувається збільшення повної потужності, переданої до споживача. Для компенсації реактивної потужності на практиці застосовують батареї конденсаторів або спеціальні компенсуючі пристрої. Оскільки, проектувана КТП знаходиться в одній будівлі з РП 6 кВ і живлення трансформаторів здійснюється з неї, то отже і відстань на яку необхідно передавати потужність, що йде на приймачі 0,4 кВ невелика, тому будуть малі й втрати потужності обумовлені передачею зайвої реактивної енергії. У зв'язку з перерахованими факторами можна відмовитися від компенсації реактивної потужності в мережі 0,4 кВ і зробити її на шинах розподільчого пристрою 6 кВ.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Симочко Ю.В.</i>			5. Вибір компенсуючого пристрою на напругу 0,4 кВ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					22	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

6. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЧИСЛА Й ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Номінальні потужності понижуючих трансформаторів вибираються за умовами нормальної роботи при відключенні одного з них. Для вибору потужності цехової ТП необхідно знати середню розрахункову потужність за максимально завантаженою зміну (табл. 4.1).

$$P_{cm} = 72,51 \text{ кВт}; \quad Q_{cm} = 74,18 \text{ квар}$$

У зв'язку з наявністю переважної більшості споживачів I категорії приймаємо коефіцієнт завантаження рівним 0,65. До установки приймаємо трансформатори з номінальною потужністю $S_{HT} = 100 \text{кВА}$.

Визначимо мінімально необхідне число цехових трансформаторів:

$$N_{MIN} = P_{CM}/(K_3 \cdot S_{HT}) + \Delta N = 72,15/(0,65 \cdot 100) + 0,76 = 1,87 \approx 2$$

Оптимальне число трансформаторів:

$$N_{OP} = N_{MIN} + m = 2 + 0 = 2$$

де $m = 0$ – визначено.

Найбільша реактивна потужність, яку доцільно передавати через 2 трансформатори:

$$Q_{MT} = \sqrt{(N_{OP} \cdot K_3 \cdot S_{HT})^2 - P_{CM}^2} = \sqrt{(2 \cdot 0,65 \cdot 100)^2 - 72,51^2} = 107,9 \text{ квар}$$

Потужність компенсуючих установок:

$$Q_{KY} = Q_{CM} - Q_{MT} = 74,18 - 107,9 = - 33,72 \text{ квар}$$

					<i>ДП 2023 141</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			6. Розрахунок і вибір числа й потужності трансформаторів цехової підстанції	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мащенко О.А.					23	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

7. ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

7.1 Вибір напруги живлення електростанції на підставі техніко-економічного порівняння варіантів (110 і 220 кВ)

Визначимо орієнтовну напругу, по формулі:

$$U_{\text{ном}} = 4,34 \cdot \sqrt{L+16 \cdot P} = 4,34 \cdot \sqrt{20+16 \cdot 49,39259} = 123,54 \text{ кВ.}$$

де $L = 20$ км – довжина лінії;

$P = 49,39259$ МВт – передана по лінії активна потужність.

Використовуючи отриманий результат приймаємо до порівняння 2 варіанти: в одному варіанті первинна напруга, що живить електростанцію 110 кВ, в іншому 220 кВ.

Критерієм вибору оптимального варіанту є відповідність даного варіанту технічним вимогам і найменшому значенню повних приведених витрат:

$$Z = I_i + E_H K_i + B,$$

де: $i = 1, 2$ – порівнювані варіанти;

$E_H = 0,12$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K – капіталовкладення в електроустановку, тис. грн;

U – збиток (приймається рівним нулю, тому що варіанти мають однакову надійність), тис. грн;

I – річні експлуатаційні витрати, тис. грн;

$$I = I_A + I_{\text{п}},$$

де $I_A = \frac{\alpha K}{100}$ – амортизаційні відрахування, тис. грн/рік;

α – норма амортизаційних відрахувань.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			7. Обґрунтування схем електропостачання	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					25	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Вибираємо по [11] ПЛ із перерізом АСО-300, $I_{\text{ТРИВ}} = 690 \text{ А}$.

Розраховуємо річні втрати електроенергії:

$$1) \quad \text{Для повітряної лінії: } \Delta W_{\text{РІЧ Л}} = \Delta P_{\text{МАХ Л}} \cdot \tau,$$

де $\Delta P_{\text{МАХ Л}}$ – втрати активної потужності в елементі, кВт;

$$\Delta P_{\text{МАХ Л}} = 3 \cdot R_0 \cdot L \cdot I_p^2 \cdot n \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,108 \cdot 20 \cdot 273,8^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 971,57 \text{ кВт},$$

де $R_0 = 0,108 \text{ Ом/км}$ – питомий опір кілометра проводу;

$L = 20 \text{ км}$ – довжина повітряної лінії;

n – число ліній;

$$I_p = \frac{273,8}{1} = 273,8 \text{ А} \text{ – максимальний розрахунковий струм.}$$

($\tau = 8000 \text{ год}$ – час максимальних втрат).

Таким чином, річні втрати електроенергії для повітряної лінії складуть:

$$\Delta W_{\text{РІЧ. ПЛ}} = \Delta P_{\text{МАХ}} \cdot \tau = 971,57 \cdot 8000 = 7772560 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

2) Втрати електроенергії в трансформаторі визначаються по формулі:

$$\Delta W_{\text{РІЧ. ТР}} = n \cdot \Delta P_{\text{ХХ}} \cdot T_{\text{МАХ}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{К}} \cdot \left(\frac{S_{\text{РОЗ}}}{S_{\text{НОМ.ТР}}} \right)^2 \cdot \tau$$

де n – кількість трансформаторів;

$S_{\text{РОЗ}}$ – повна розрахункова потужність, кВ А;

$S_{\text{НОМ ТР}}$ – номінальна потужність трансформатора, кВ А;

$\Delta P_{\text{ХХ}}$ і $\Delta P_{\text{К}}$ – втрати активної потужності в трансформаторі при холостому ході й при короткому замиканні відповідно, кВт.

$$\Delta W_{\text{РІЧ. ТР}} = 2 \cdot 54 \cdot 8640 + \frac{1}{2} \cdot 220 \cdot \left(\frac{52100,46}{40000} \right)^2 \cdot 8000 = 2426072 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Витрати, викликані втратами електроенергії:

$$I_{\text{П}} = C_E \cdot \Delta W_{\text{РІЧ}} = 4 \cdot (7772560 + 2426072) = 40795 \text{ тис.грн/рік}$$

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розрахунок капіталовкладень: $K = K_{\text{Л}} + K_{\text{ВА}}$

де $K_{\text{Л}}$ – капітальні вкладення на спорудження повітряної лінії.

$K_{\text{Л}} = 132,5$ тис.грн/км – питома вартість прокладки повітряної лінії.

$$K_{\text{Л}} = K_{\text{Л}} \cdot L \cdot n = 132,5 \cdot 20 \cdot 2 = 5300 \text{ тис.грн}$$

$K_{\text{ВА}}$ – капітальні вкладення на спорудження високовольтного обладнання:

Вартість спорудження ВРП-110 кВ: 720 тис.грн;

Вартість трансформатора 40000/110/6: 1644, тис.грн;

Вартість ячейки ВРП-110 кВ: 760 тис.грн.

$$K_{\text{ВА}} = K_{\text{ВРП}} + K_{\text{Яч}} + K_{\text{ТР}} = 720 + 1644 + 760 = 3124 \text{ тис.грн.}$$

Капіталовкладення складуть:

$$K = K_{\text{Л}} + K_{\text{ВА}} = 5300 + 3124 = 8424 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо річні амортизаційні відрахування. У них входять відрахування на повітряні лінії й відрахування на обладнання.

Вартість відрахувань на повітряні лінії:

$$C_{\text{АЛ}} = K_{\text{Л}} \cdot \Psi_{\text{Л}} = 5300 \cdot 0,028 = 148,4 \text{ тис.грн,}$$

де $K_{\text{Л}} = 5300$ тис.грн – капітальні витрати на лінії

$\Psi_{\text{Л}} = 0,028$ – норма амортизаційних відрахувань.

Вартість відрахувань на обладнання:

$$C_{\text{АО}} = K_{\text{ВА}} \cdot \Psi_{\text{О}} = 3124 \cdot 0,088 = 274,9 \text{ тис.грн,}$$

де $K_{\text{ВА}} = 3124$ тис.грн – витрати на обладнання;

$\Psi_{\text{О}} = 0,088$ – норма амортизаційних відрахувань на обладнання.

Визначаємо сумарні витрати на амортизацію:

$$I_{\text{А}} = C_{\text{АЛ}} + C_{\text{АО}} = 148,4 + 274,9 = 423,3 \text{ тис.грн.}$$

Визначаємо сумарні приведені витрати:

$$Z = I_{\text{П}} + I_{\text{А}} + E_{\text{н}} \cdot K = 40795 + 423,3 + 0,12 \cdot 8424 = 42229 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків зводимо в нижче приведену табл. 7.1.

Варіант 2: $U = 220$ кВ

Розрахункове навантаження $S_{\text{р}} = 52100,46$ кВ А

										ДП 2023 141	Арк.
											27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Вибираємо ПЛ на $U = 220$ кВ

Визначаємо розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{52100,46}{\sqrt{3} \cdot 220} = 136,9 \text{ А.} \quad (18)$$

Переріз лінії вибирається по економічній густині струму $j_{ЕК}$.

Вибираємо $j_{ЕК}$ ($T_{\max} = 8640$ год) = 1 А/мм².

Переріз лінії

$$S = \frac{I_p}{j_{ЕК}} = \frac{136,9}{1} = 136,9 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо по [11] ПЛ із перерізом АСО-240, $I_{\text{трив}} = 609$ А.

Розраховуємо річні втрати електроенергії:

3) Для повітряної лінії: $\Delta W_{\text{РІЧ Л}} = \Delta P_{\text{МАХ Л}} \cdot \tau$

де $\Delta P_{\text{МАХ Л}}$ – втрати активної потужності в елементі, кВт;

$$\Delta P_{\text{МАХ Л}} = 3 \cdot R_0 \cdot L \cdot I_p^2 \cdot n \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 0,13 \cdot 20 \cdot 136,9^2 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 292,37 \text{ кВт},$$

де $R_0 = 0,13$ Ом/км – питомий опір кілометра проводу;

$L = 20$ км – довжина повітряної лінії;

n – число ліній;

$I_p = 136,9$ А – максимальний розрахунковий струм.

($\tau = 8000$ год).

Таким чином, річні втрати електроенергії для повітряної лінії складуть:

$$\Delta W_{\text{РІЧ Л}} = \Delta P_{\text{МАХ}} \cdot \tau = 292,37 \cdot 8000 = 1858960 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

4) Втрати електроенергії в трансформаторі знаходять по формулі:

$$\Delta W_{\text{РІЧ ТР}} = n \cdot \Delta P_{\text{ХХ}} \cdot T_{\text{МАХ}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{К}} \cdot \left(\frac{S_{\text{РОЗ}}}{S_{\text{НОМ ТР}}} \right)^2 \cdot \tau \quad (19)$$

									Арк.
									28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Техніко-економічні показники

№	Статі витрат	Вартість витрат, тис.грн	
		U = 110 кВ	U = 220 кВ
1	Капітальні вкладення в систему електропостачання	8424	12940
2	Вартість втрат за рік	40795	17140
3	Витрати на амортизацію	423,3	745,4
4	Експлуатаційні витрати	24438,3	11998,4
5	Приведені витрати	42229	19438

При аналізі техніко-економічних показників двох варіантів, видно, що у варіанті з напругою 110 кВ приведені витрати більші. Тому первинну напругу, що живить електростанцію приймаємо рівною 220 кВ.

7.2. Вибір схеми електропостачання

На підставі техніко-економічного порівняння варіантів і розрахунку електричних навантажень на електростанції до установки приймаються два двохобмоткових трансформатори ТДТН – 220/6 потужністю 40 МВА. Для підтримки необхідного рівня напруги на шинах 6 кВ, трансформатори приймаються з вбудованим регулюванням напруги під навантаженням. Надійність живлення проектованої підстанції забезпечується живленням її від двох незалежних джерел. На напругу 6 кВ передбачається схема з однієї секційною системою збірних шин.

										ДП 2023 141	Арк.
											30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

7.3. Вибір режиму роботи нейтралі

Нейтральною називається сукупність з'єднаних між собою нейтральних точок трансформаторів або генераторів і провідників, приєднаних до заземлюючого пристрою безпосередньо або через малий або великий опір.

Згідно ПУЕ мережі напругою 220 кВ виконуються із глухозаземленою нейтралью. Глухозаземленою нейтралью називається нейтраль трансформатора або генератора, приєднана до заземлюючого пристрою безпосередньо або через малий опір (трансформатори струму й ін.). Електроустановки, що працюють у цих системах, мають великі струми замикання на землю, оскільки пошкоджена фаза виявляється короткозамкненою на землю через нейтраль.

Такий вибір режиму нейтралі для мереж з номінальною напругою 220 кВ і вище пояснюється наступними факторами:

- стабілізується напруга фаз відносно землі й у зв'язку із цим зменшується перенапруга;
- знижується вартість ізоляції;
- підвищується надійність роботи мереж із глухозаземленою нейтралью, тому що пошкоджена ділянка негайно відключається;
- зменшується кількість простоїв через перебої в електропостачанні, тому що більшість замикань після відключення самоусуваються, тому в цих мережах найбільш ефективно застосування автоматичного повторного включення (АПВ).

Мережі напругою 6 кВ виконуються з ізолюваною нейтралью. Вони мають малі струми замикання на землю. Ізолюваною нейтралью називається нейтраль, не приєднана до заземлюючого пристрою або приєднана через компенсуючі апарати ємнісного струму у мережі, трансформатори напруги й інші апарати, що мають великий опір.

Такий вибір режиму нейтралі для мереж з номінальною напругою 6 кВ пояснюється наступними факторами:

- у нормальному режимі роботи напруга фаз на затискачах установок щодо землі симетричні й чисельно дорівнюють фазній напрузі, а геометрична сума

									ДП 2023 141	Арк.
										31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

ємнісних струмів трьох фаз дорівнює нулю. При однофазному замиканні на землю однієї з фаз міжфазна напруга залишається незмінною за значенням і зсунутими на кут 120° , а напруга інших фаз відносно землі збільшуються в 1,73 рази, внаслідок чого змінюються і ємнісні струми. Завдяки цьому живлення споживачів включених у міжфазну напругу, не порушується, і вони продовжують працювати нормально. Це забезпечує можливість зберігати в роботі лінію із замиканням на землю протягом деякого часу, достатнього для відшукування місця пошкодження й включення резерву;

- знижується вартість заземлюючих пристроїв;
- зменшується на $\frac{1}{3}$ число трансформаторів струму й скорочується кількість захисних реле, у порівнянні з мережами із глухозаземленою нейтраллюю.

При виборі режиму роботи нейтралі в установках напругою до 1000 В керуються міркуваннями економії, надійності й електробезпеки.

Для розглянутого підприємства вибираємо в електроустановках напругою до 1000 В систему із глухозаземленою нейтраллюю. Вона більш доцільна при сильно розгалуженій мережі.

Головна перевага системи із глухозаземленою нейтраллюю полягає в тім, що при дотику людини до провідника, що перебуває під напругою, однієї фази він піддається впливу лише частини фазної напруги джерела. Таким чином, системи із глухозаземленою нейтраллюю більше електробезопасні, у порівнянні із системами з ізольованою нейтраллюю.

До недоліків системи із глухозаземленою нейтраллюю відноситься дороговизна виконання, у порівнянні із системою з ізольованою нейтраллюю, а також установки з ізольованою нейтраллюю більш надійні, тому що при короткому замиканні вони не вимагають негайного відключення.

										ДП 2023 141	Арк.
											32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

8. РОЗРАХУНОК ЖИВИЛЬНИХ І РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ

8.1. Вибір провідників напругою понад 1000 В

Вибір економічно доцільного перерізу провідників напругою понад 1000 В виконують, згідно по економічній густині струму й роблять перевірку за умовою нагрівання провідників у тривалому режимі роботи.

Залежно від металу провідника й числа годин використання максимуму навантаження економічно вигідний переріз знаходиться по формулі:

$$S_E = \frac{I_P}{j_E} \quad (20)$$

де I_P – розрахунковий струм, А;

j_E – економічна густина струму, А/мм².

1. Вибір провідників для електрокотла потужністю 10000 кВт :

Номінальний струм електрокотла: $I_{НОМ} = 962$ А;

Число годин використання максимуму навантаження: $T_{МАХ} > 5000$ год/рік

Економічна густина струму: $j_E = 1,2$ А/мм².

Економічно доцільний переріз кабелю:

$$S_E = \frac{I_P}{j_E} = \frac{962}{1,2} = 801,7 \text{ мм}^2 \quad (21)$$

Вибираємо кабель ААГУ-6 кВ 3(3х150).

Допустимий струм кабелю: $I_{ТРИВ. ДОП.} = 3 \cdot 330 = 990$ А.

Перевірка за умовою нагрівання:

$$I_{ТРИВ. ДОП.} \geq I_{НОМ}$$

$$990 \text{ А} > 962 \text{ А.}$$

2. Вибір провідників для високовольтних асинхронних двигунів потужністю 315 кВт:

Номінальний струм двигуна $I_{НОМ} = 38$ А.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			8. Розрахунок живильних і розподільчих мереж	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					33	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Число годин використання максимуму навантаження: $T_{\text{MAX}} > 5000$ год/рік.

Економічна густина струму: $j_E = 1,2$ А/мм².

Економічно доцільний переріз кабелю:

$$S_E = \frac{I_p}{j_E} = \frac{38}{1,2} = 31,7 \text{ мм}^2 \quad (22)$$

Вибираємо кабель ААГУ-6 кВ (3×35).

Допустимий струм кабелю: $I_{\text{доп}} = 115$ А.

Перевірка за умовою нагрівання:

$$I_{\text{ТРІВ. ДОП.}} \geq I_{\text{НОМ}}$$
$$115 \text{ А} > 31,7 \text{ А.}$$

3. Вибір провідників до трансформаторів КТП:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{134}{\sqrt{3} \cdot 6} = 12,91 \quad (23)$$

де $S_p = 134$ кВ А – розрахункове навантаження з табл. 3.2.

Число годин використання максимуму навантаження: $T_{\text{MAX}} > 5000$ год/рік

Економічна густина струму: $j_E = 1,2$ А/мм²

Економічно доцільний переріз кабелю:

$$S_E = \frac{I_p}{j_E} = \frac{12,91}{1,2} = 10,76 \text{ мм}^2$$

Вибираємо кабель ААГУ - 6 кВ (3х10).

Допустимий струм кабелю: $I_{\text{ТРІВ. ДОП.}} = 65$ А.

Перевірка за умовою нагрівання:

$$I_{\text{ТРІВ. ДОП.}} \geq I_{\text{НОМ}}$$
$$65 \text{ А} > 12,91 \text{ А.}$$

4. Вибір провідників від ТЭЦ до трансформаторів електрокотельні:

$$I_p = \frac{S_p}{U_{\text{НОМ}} \sqrt{3}} = \frac{52100,46}{220 \cdot \sqrt{3}} = 136,9 \text{ А}, \quad (24)$$

де $S_p = 52100,46$ кВА – розрахункове навантаження підстанції.

Число годин використання максимуму навантаження: $T_{\text{MAX}} > 5000$ год/рік

					ДП 2023 141	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічна густина струму: $j_E = 1 \text{ А/мм}^2$.

Економічно доцільний переріз кабелю:

$$S_E = \frac{I_P}{j_E} = \frac{136,9}{1} = 136,9 \text{ мм}^2$$

Вибираємо повітряну лінію марки АС-150 –лінія з алюмінієвого проводу зі сталевим сердечником.

Допустимий струм ПЛ: $I_{\text{ТРИВ. ДОП.}} = 450 \text{ А}$.

Перевірка за умовою нагрівання:

$$I_{\text{ТРИВ. ДОП.}} \geq I_P$$
$$450 \text{ А} > 136,9 \text{ А}$$

					ДП 2023 141	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Схема заміщення для розрахунку струмів короткого замикання складається за розрахунковою схемою мережі. Розрахунок струмів короткого замикання виконується у відносних одиницях, для чого вибираються базові величини й умови: потужність, напруга, струм і опір.

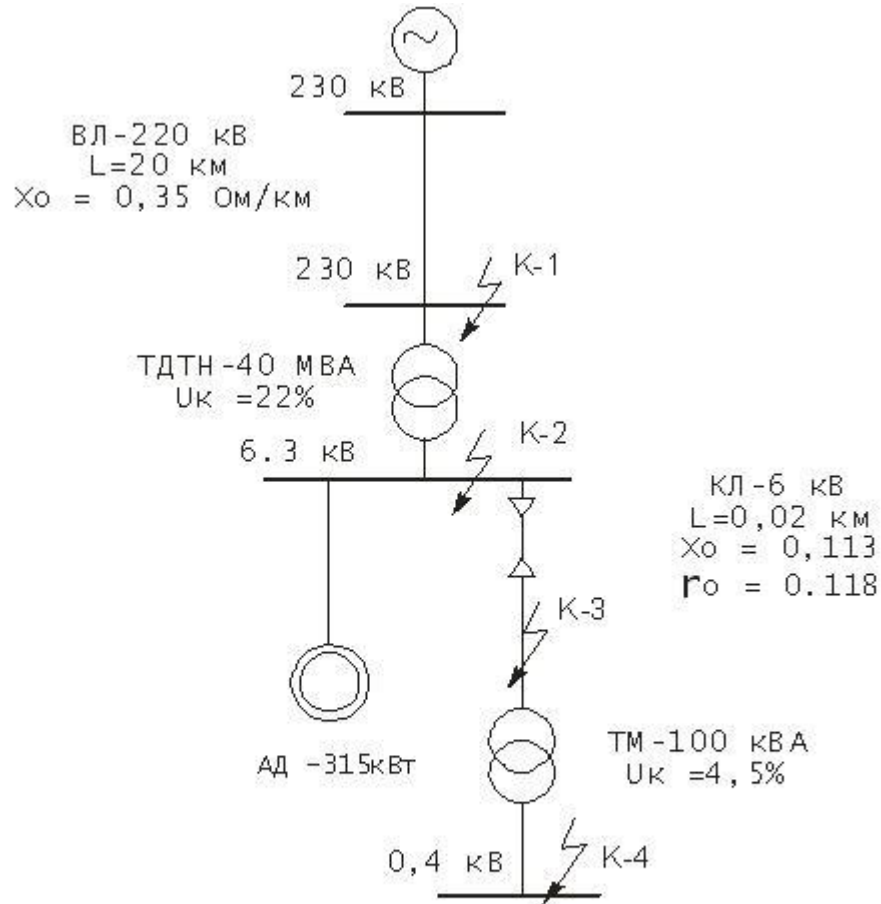


Рис. 9.1. Розрахункова схема

ДП 2023 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Симочко Ю.В.		
Перевір.		Мащенко О.А.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		
9. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			36	
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск				

Приймаємо базисну потужність : $S_B=100$ МВА

Як базисну напругу приймаємо напругу струпею короткого замикання, залежно від якого обчислюється базисний струм:

1. $U_{B1} = 230$ кВ;

$$I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B1}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 230} = 0,3 \text{ кА.} \quad (25)$$

2. $U_{B2} = 6,3$ кВ;

$$I_{B2} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B2}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 9,2 \text{ кА.}$$

3. $U_{B3} = 0,4$ кВ;

$$I_{B3} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B3}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 0,1} = 144,34 \text{ кА.}$$

Розрахункові вирази приведених значень опорів:

1. Енергосистема:

$$X_{c*} = \frac{S_B}{I_{\text{від.ном}} \cdot U_{\text{сп}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{100}{20 \cdot 230 \cdot \sqrt{3}} = 0,0125, \quad (26)$$

де $I_{\text{від.ном}} = 20$ кА – номінальний струм відключення вимикача.

2. Повітряна лінія 220 кВ:

$$X_{\text{пл}} = X_0 \cdot L_1 \cdot \frac{S_B}{U_{B1}^2} = 0,35 \cdot 20 \cdot \frac{100}{230^2} = 0,013, \quad (27)$$

де $x_0 = 0,35$ Ом/км – питомий індуктивний опір жили кабелю на кілометр довжини;

$L_1 = 20$ км – довжина лінії.

3. Трансформатор ТДТН - 40 МВА:

$$X_{T1} = \frac{U_{\text{к\%}}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{\text{НОМ}}} = \frac{22}{100} \cdot \frac{100}{40} = 0,55, \quad (28)$$

де $U_{\text{к}} = 22$ % – напруга короткого замикання;

										ДП 2023 141	Арк.
											37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

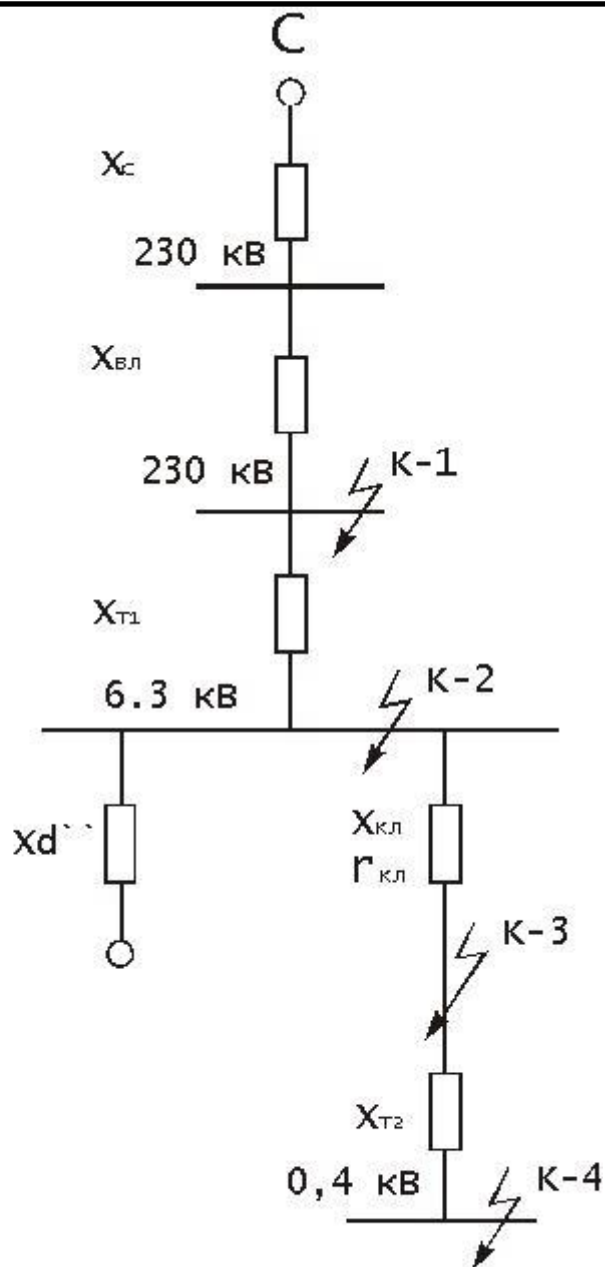


Рис. 9.2. Схема заміщення

4. Кабельна лінія 6 кВ на вводі КТП:

$$X_{*кл} = X_0 \cdot L_2 \cdot \frac{S_B}{U_{B2}^2} = 0,113 \cdot 0,2 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,36;$$

$$r_{*кл} = r_0 \cdot L_2 \cdot \frac{S_B}{U_{B2}^2} = 0,118 \cdot 0,2 \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,37,$$

де $r_0 = 0,118$ Ом/км – питомий активний опір жили кабелю на кілометр довжини.

5. Трансформатор ТМ-100 кВА:

										ДП 2023 141	Арк.
											38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$X_{T2} = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{S_b}{S_{н.тр}} = \frac{4,5 \cdot 100}{100 \cdot 0,1} = 4,5 \quad (29)$$

де $S_{н.тр} = 0,1$ МВА – номінальна потужність трансформатора КТП.

Коротке замикання в точці К-1:

1. Результуючий опір:

$$X_{*PE3} = X_{*c} + X_{*пл} = 0,0125 + 0,013 = 0,0255$$

2. Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання:

$$I_{п.о.к-1} = \frac{I_{Б1}}{Z_{*PE3}} = \frac{0,3}{0,0255} = 11,8 \text{ кА} \quad (30)$$

3. Періодична складова струму короткого замикання в момент часу $t = \infty$:

$$I_{\infty K-1} = I_{п.о.к-1} = 11,8 \text{ кА} \quad (31)$$

4. Ударний струм короткого замикання:

$$i_{y K-1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{п.о.к-1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 11,8 = 30 \text{ кА.}$$

де $K_y = 1,8$ – ударний коефіцієнт для мереж напругою понад 1000 В.

Коротке замикання в точці К-2:

1. Результуючий опір:

$$X_{*PE3} = X_{*з} + X_{*пл} + X_{*т1} = 0,0125 + 0,013 + 0,55 = 0,68.$$

При короткому замиканні в точці К-2 буде діяти сумарний струм – від енергосистеми й від електродвигунів. При близькому короткому замиканні напруга на виводах електродвигуна виявляється менше їх ЕРС, електродвигуни переходять у режим генератора, і підживлюють струмом місце пошкодження.

2. Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання:

$$I_{п.о.ск-2} = \frac{I_{Б2}}{Z_{*PE3}} = \frac{9,2}{0,68} = 13,53 \text{ кА}$$

Від системи:

										ДП 2023 141	Арк.
											39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Від асинхронного двигуна потужністю 315 кВт:

Кратність пускового струму: $K_{\Pi} = 5,5$

Визначаємо надперехідний опір:

$$X_d'' = 1 / K_{\Pi} = 1/5,5 = 0,18$$

Надперехідний струм, що генерується асинхронним двигуном:

$$I''_{\text{АД}} = \frac{E'' \cdot I_{\text{АД}}}{X_d} = \frac{0,9 \cdot 0,038}{0,18} = 0,19 \text{ кА},$$

де $E'' = 0,9$ – надперехідна Е.Р.С., в.о.;

$I_{\text{АД}} = 38 \text{ А}$ – номінальний струм двигуна;

Сумарний струм короткого замикання:

$$I_{\text{П.О.К-2}} = I_{\text{П.О.С.К-2}} + I''_{\text{АД}} = 13,53 + 0,19 = 13,85 \text{ кА}.$$

3. Періодична складова струму короткого замикання в момент часу $t = \infty$:

Від системи:

$$I_{\infty \text{К-2}} = I_{\text{П.О.С.К-2}} = 13,53 \text{ кА} \quad (32)$$

4. Ударний струм короткого замикання:

Від системи: $i_{\text{У.К-2}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{У}} \cdot I_{\text{П.О.С.К-2}} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 13,53 = 34,44 \text{ кА}$

Від асинхронного двигуна потужністю 315 кВт:

$$i_{\text{У.АД}} = \sqrt{2} \cdot K_{\text{У}} \cdot I''_{\text{АД}} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,19 = 0,27 \text{ кА}$$

Сумарний ударний струм короткого замикання:

$$i_{\text{У.К-2}} = i_{\text{У.К-2}} + i_{\text{У.АД}} = 34,44 + 0,27 = 34,71 \text{ кА}.$$

Коротке замикання в точці К-3:

1. Результуючий опір:

$$\begin{aligned} \text{Індуктивний опір: } X_{* \text{РЕЗ}} &= X_{*3} + X_{* \text{ПЛ}} + X_{* \text{Т1}} + X_{* \text{КЛ}} = \\ &= 0,0125 + 0,013 + 0,55 + 0,36 = 0,94 \end{aligned}$$

$$\text{Активний опір: } r_{* \text{РЕЗ}} = r_{* \text{КЛ}} = 0,37$$

Результуючий повний опір:

					ДП 2023 141	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{*PE3} = \sqrt{X_{*PE3}^2 + r_{*PE3}^2} = \sqrt{0,94^2 + 0,37^2} = 1,01 \quad (33)$$

Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання:

$$I_{П.О.К-3} = \frac{I_{Б2}}{Z_{*PE3}} = \frac{9,2}{1,01} = 9,1 \text{ кА.}$$

3. Періодична складова струму короткого замикання в момент часу

$t = \infty$:

$$I_{\infty K-3} = I_{П.О.К-3} = 9,1 \text{ кА.}$$

4. Ударний струм короткого замикання:

$$i_{у K-3} = \sqrt{2} \cdot K_{у} \cdot I_{П.О.К-3} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 9,1 = 23,2 \text{ кА} \quad (34)$$

Коротке замикання в точці К-4:

1. Результуючий опір:

$$\begin{aligned} \text{Індуктивний опір: } X_{*PE3} &= X_{*3} + X_{*пл} + X_{*т1} + X_{*кл} + X_{*т2} = \\ &= 0,0125 + 0,013 + 0,55 + 0,36 + 4,5 = 5,44 \end{aligned}$$

$$\text{Активний опір: } r_{*PE3} = 0,8$$

Результуючий повний опір:

$$Z_{*PE3} = \sqrt{X_{*PE3}^2 + r_{*PE3}^2} = \sqrt{5,44^2 + 0,8^2} = 5,5$$

2. Початкове значення періодичної складової струму короткого замикання:

$$I_{П.О.К-4} = \frac{I_{Б3}}{Z_{*PE3}} = \frac{144,34}{5,5} = 26,2 \text{ кА.}$$

3. Періодична складова струму короткого замикання в момент часу $t = \infty$:

$$I_{\infty K-4} = I_{П.О.К-4} = 26,2 \text{ кА.}$$

4. Ударний струм короткого замикання:

$$i_{у K-4} = \sqrt{2} \cdot K_{у} \cdot I_{П.О.К-4} = \sqrt{2} \cdot 1,2 \cdot 26,2 = 66,7 \text{ кА}$$

$K_{у}=1,2$ – ударний коефіцієнт при К.З. за трансформатором.

Результати розрахунків струмів трифазного короткого замикання заносимо у зведену табл. 9.1.

					ДП 2023 141	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зведена таблиця розрахунку струмів короткого замикання

Точка К.З.	U ,кВ	$I_{п.о}^{(3)}$, кА	$I_{\infty}^{(3)}$, кА	i_y , кА
К-1	230	11,8	11,8	30
К-2	6,3	13,85	13,85	34,89
К-3	6,3	9,1	9,1	23,2
К-4	0,4	26,2	26,2	66,7

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

10. ВИБІР АПАРАТІВ НА НАПРУГУ ПОНАД 1000 В

10.1. Вибір високовольтних вимикачів

На вводі РП-6 кВ і на кожній лінії, що відходить, встановлюємо ячейку комплектного розподільчого пристрою (КРП). Вибираємо по [6] ячейку КМ-1.

Таблиця 10.1

Технічні дані ячейки КМ-1

Тип ячейки	U _{НОМ} , кВ	I _{НОМ} , А		Тип вимикача	Тип приводу
		шин	шаф		
КМ-1	6	1000	630	ВМПЭ-10	електро-магнітний ПЭ-11
		1600	1000		
		2000	2000		
		3200	3200		

Габарити шаф ячейки: ширина – 750 мм, глибина – 2150 мм, висота – 1200 мм.

В ячейку встановлюємо вимикач, трансформатори струму.

1. На лініях, що відходять до асинхронних двигунів РП-6 кВ.

Вимикач ВМПЭ-10-20/630У3.

					ДП 2023 141		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Симочко Ю.В.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мащенко О.А.				43	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					

Технічні дані вимикача

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_P$	10 кВ	6 кВ
$I_{НОМ} \geq I_P$	630 А	38 А
$I_{ВІДК.НОМ} \geq I_{\infty}$	20 кА	13,85 кА
$I_{ДИН} \geq I_{П.О.}$	20 кА	13,85 кА
$i_{ДИН} \geq i_y$	51 кА	34,89 кА
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{\infty}^2 \cdot (t_3 + t_{ВІДК})$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$13,85^2 \cdot (0,1 + 0,095) = 37,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

U_P – робоча напруга, кВ;

I_P – максимальний робочий струм, А;

$U_{НОМ}$ – номінальна напруга вимикача, кВ;

$I_{НОМ}$ – номінальний струм вимикача, А;

$I_{ВІДК.НОМ}$ – номінальний струм відключення вимикача, кА;

$I_{ДИН}$ – максимальне діюче значення струму динамічної стійкості, кА;

$i_{ДИН}$ – максимальне ударне значення струму динамічної стійкості, кА;

$I_{ТЕР}$ – допустимий струм термічної стійкості, кА;

$t_{ТЕР}$ – час дії струм термічної стійкості, с;

t_3 – час спрацьовування захисту, с;

$t_{ВІДК}$ – повний час відключення вимикача, с.

2. На лініях РП-6 кВ, що відходять до трансформаторів ТМ-100/6.

$$I_P = 170,8 \text{ А}$$

Вимикач ВМПЭ-10-20/630У3.

										Арк.
										44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Технічні дані вимикача

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_P$	10 кВ	6 кВ
$I_{НОМ} \geq I_P$	630 А	170,8 А
$I_{ВІДК.НОМ} \geq I_{\infty}$	20 кА	9,1 кА
$I_{ДИН} \geq I_{П.О.}$	20 кА	9,1 кА
$i_{ДИН} \geq i_y$	52 кА	23,2 кА
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{\infty}^2 \cdot (t_3 + t_{ВІДК})$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$9,1^2 \cdot (0,1 + 0,095) =$ $= 16,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

3. Ячейка трансформатора РП-220 кВ електрокотельні.

$$I_P = 135,5 \text{ А}$$

Вимикач ВМТ-220Б-220/1250.

Технічні дані вимикача

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_P$	220 кВ	220 кВ
$I_{НОМ} \geq I_P$	1250 А	135,5 А
$I_{ВІДК.НОМ} \geq I_{\infty}$	25 кА	11,8 кА
$I_{ДИН} \geq I_{П.О.}$	25 кА	11,8 кА
$i_{ДИН} \geq i_y$	65 кА	30 кА
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{\infty}^2 \cdot (t_3 + t_{ВІДК})$	$25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$11,8^2 \cdot (0,01 + 0,08) =$ $= 139,34 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

					ДП 2023 141	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10.2. Вибір роз'єднувачів

РП-220 кВ електрокотельні.

$$I_p = 135,5 \text{ А}$$

Роз'єднувач РДЗ-220/2000.

Таблиця 10.5

Технічні дані роз'єднувачів

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_p$	220 кВ	220 кВ
$I_{НОМ} \geq I_p$	2000 А	135,5 А
$i_{ДИН} \geq i_y$	100 кА	30 кА
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{\infty}^2 \cdot (t_3 + t_{ВІДК})$	$50^2 \cdot 3 = 7500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$11,8^2 \cdot (0,01 + 0,08) =$ $= 139,34 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

10.3. Вибір вимірювальних трансформаторів струму

1. На лініях РП-6кВ, що відходять до асинхронних двигунів насосів.

$$I_{НОМ.} = 38 \text{ А}$$

Вибираємо ТЛК-10-У3-50/5-0,5/10Р – трансформатор струму, з литою ізоляцією, для КРП;

Таблиця 10.6

Технічні дані трансформаторів струму

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_p$	10 кВ	6 кВ
$I_{НОМ} \geq I_p$	50 А	38А
$i_{ДИН} \geq i_y$	25 кА	13,85 кА
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{\infty}^2 \cdot (t_3 + t_{ВІДК})$	$48 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$13,85^2 \cdot (0,1 + 0,095) =$ $= 37,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

										ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							46

Вторинне навантаження в класі точності 0,5 становить $Z_{\text{НАВ.ДОП}} = 0,4 \text{ Ом}$.

Перевіряємо трансформатор струму по вторинному навантаженню:

Таблиця 10.7

Розрахунок навантаження трансформаторів струму

Прилад	Тип	Навантаження		
		А	В	С
ватметр	Д-335	0,5		0,5
варметр	Д-335	0,5		0,5
лічильник активної енергії	И-680	2,5		2,5
амперметр	Э-335	0,5	0,5	0,5
РАЗОМ:		4	0,5	4

Визначаємо опір приладів

$$r_{\Pi} = S / I_{\text{НОМ2}}^2 = 4/5^2 = 0,16 \text{ Ом}$$

$S = 4 \text{ ВА}$ – повне максимальне навантаження, споживане приладами;

$I_{\text{НОМ2}} = 5 \text{ А}$ – номінальний вторинний струм трансформатора струму.

Приймаємо опір контактів $r_{\text{К}} = 0,1 \text{ Ом}$.

Розраховуємо необхідний опір з'єднувальних проводів (алюміній), що з'єднує трансформатори струму й прилади:

$$r_{\text{ПР}} = Z_{\text{ДОП}} - r_{\Pi} - r_{\text{К}} = 0,4 - 0,16 - 0,1 = 0,14 \text{ Ом} \quad (35)$$

Приймаємо довжину алюмінієвого проводу $L = 5 \text{ м}$ [7];

Розраховуємо мінімально допустимий переріз проводу:

$$q = \frac{\rho \cdot L}{r_{\text{пр}}} = \frac{0,0283 \cdot 5}{0,14} = 1,01 \text{ мм}^2 \quad (36)$$

Приймаємо контрольний кабель АКПВГ із жилами перерізом 4 мм^2 .

Розрахунковий опір проводу:

										ДП 2023 141	Арк.
											47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$r_{np} = r_0 \cdot L = 7,81 \cdot 10^{-3} \cdot 5 = 0,039 \text{ Ом}$$

Повний опір:

$$r_p = r_{\Pi} + r_{np} + r_k = 0,16 + 0,039 + 0,1 = 0,299 \text{ Ом}$$

$$z_{доп} = 0,4 \text{ Ом} > 0,299 \text{ Ом} = r_p$$

2. На вводі трансформаторів ТМ-100/6.

$$I_p = 170,8 \text{ А}$$

Трансформатор струму ТЛК-10-200/5-0,5/10Р.

Таблиця 10.8

Технічні дані трансформаторів струму

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_p$	10 кВ	6 кВ
$I_{НОМ} \geq I_p$	200 А	170,8 А
$i_{дин} \geq i_y$	25 кА	9,1 кА
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{п.о}^2 \cdot (t_3 + t_{відк})$	$4^2 \cdot 3 = 48 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$9,1^2 \cdot (0,1 + 0,095) = 16,2 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вторинне навантаження $Z_{наб, доп} = 0,8 \text{ Ом}$.

3. Ячейка трансформатора РП-220 кВ електрокотельні.

$$I_p = 135,5 \text{ А}$$

ТФНД-220-3Т-300/5-0,5/Р.

					ДП 2023 141	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні дані трансформаторів струму

Умова вибору	Паспортні дані	Розрахункові дані
$U_{НОМ} \geq U_p$	220 кВ	220 кВ
$I_{НОМ} \geq I_p$	300 А	135,5 А
$I_{ТЕР}^2 \cdot t_{ТЕР} \geq I_{П.О}^2 \cdot (t_3 + t_{ВІДК})$	$20^2 \cdot 3 = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$11,8^2 \cdot (0,01 + 0,08) =$ $= 139,34 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Вторинне навантаження $Z_{НАВ.ДОП} = 0,4 \text{ Ом}$.

10.4. Вибір вимірювальних трансформаторів напруги

Трансформатори напруги вибираються по номінальній напрузі $U_{НОМ}$ і по вторинному навантаженню $S_{НОМ2}$.

1. РП-6 кВ

На шини 6 кВ вибираємо трансформатор напруги НТМИ-6-66УЗ, трансформатор трифазний, із природним масляним охолодженням, для вимірювальних ланцюгів.

$$U_{НОМ1} = 6 \text{ кВ}, \quad U_{НОМ2} = 100 \text{ В}, \quad U_{НОМ2ДОП} = 100 / \sqrt{3} \text{ В}, \quad S_{НОМ2} = 120 \text{ ВА}.$$

Повне вторинне навантаження ТН:

$$S_p = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{14,52^2 + 3,7^2} = 14,98 \text{ ВА}$$

$$S_{НОМ2} > S_p \quad 120 \text{ ВА} > 14,98 \text{ ВА} \quad (37)$$

Перевірка інших трансформаторів напруги по вторинному навантаженню аналогічна.

На термічну й динамічну стійкість трансформатори напруги не перевіряються, оскільки вони захищені запобіжником.

									ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						49

Розрахунок навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	$S_{\text{кот}}$, ВА	число кот.	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	число прил.	$P_{\text{ЗАГ}}$, Вт	$Q_{\text{ЗАГ}}$, вар
вольтметр	Э-335	2	1	1	0	2	4	0
ватметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	0
варметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	0
лічильник акт. енергії	И-680	2 Вт	2	0,38	0,925	1	0,76	1,85
лічильник реакт. енергії	И-680	2 Вт	2	0,38	0,925	1	0,76	1,85
частотометр	Э-371	3	1	1	0	1	3	0
РАЗОМ:							14,52	3,7

2. РП-220 кВ.

Трансформатор напруги НКФ -220-58В1.

$$U_{\text{НОМ}} = 220 \text{ кВ}; \quad S_{\text{НОМ2}} = 400 \text{ ВА.} \quad (38)$$

10.5. Вибір обмежувачів перенапруги

Вибір обмежувачів перенапруги проводиться по номінальній напрузі установки.

1. ВРП-220 кВ.

Вибираємо ОПН-220 У1.

2. РП-6 кВ.

Вибираємо ОПН-6 У1.

					ДП 2023 141	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. ВИБІР І ПЕРЕВІРКА ШИН НА ТЕРМІЧНУ Й ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНУ СТІЙКІСТЬ

1. Зробимо вибір шин РП-6 кВ електростанції

Вихідні дані:

$$I_{\text{РОЗ}} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{51616,79}{\sqrt{3} \cdot 6} = 4967,9 \text{ А.}$$

$$I_{\text{П.О.}} = 13,85 \text{ кА;}$$

$$i_{\text{У}} = 34,89 \text{ кА;}$$

$$B_K = I_{\text{П.О.}}^2 \cdot (t_3 + t_{\text{ВДК}}) = 13,85^2 \cdot (0,1 + 0,095) = 37,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Вибираємо шини за умовою нагрівання. До величини робочого струму близькі алюмінієві чотириполюсні шини, перерізом 4 (120x10) мм² із допустимим струмом $I_{\text{ДОП}} = 5200 \text{ А.}$

Перевіряємо шини на термічну стійкість.

Визначаємо мінімальний допустимий переріз шин:

$$S_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{37,4 \cdot 10^6}}{91} = 67,2 \text{ мм}^2,$$

де B_K – тепловий імпульс від струму короткого замикання, $\text{А}^2 \cdot \text{с};$

$C = 91$ – тепловий коефіцієнт для шин з алюмінію.

Переріз шини $S = 480 \cdot 10 = 4800 \text{ мм}^2$

$$S \geq S_{\text{MIN}}$$

$$4800 \text{ мм}^2 > 67,2 \text{ мм}^2$$

Шини термічно стійкі.

Перевіряємо шини на електродинамічну стійкість.

Переріз шини: $h \times b = 480 \times 10 \text{ мм}^2;$

$$h = 0,48 \text{ м; } b = 0,04 \text{ м.}$$

Шини розташовані на ребро.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			11. Вибір і перевірка шин на термічну й електродинамічну стійкість	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.					51	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Перевірка виконується за умовою:

$$\delta_{\text{РОЗ}} \leq \delta_{\text{ДОП}}$$

де $\delta_{\text{РОЗ}}$ – максимальне механічне напруження в матеріалі шин у точці взаємодії згинального моменту;

$\delta_{\text{ДОП}} = 82,3$ МПа – допустиме максимальне напруження.

Найбільше зусилля, що діє на середню фазу:

$$F = 1,76 \cdot i_{\text{уд}}^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-7},$$

де $l = 750$ мм – відстань між ізоляторами однієї фази;

$a = 250$ мм – відстань між сусідніми фазами;

$i_{\text{уд}}$ – ударний струм у крапці К-2

$$F = 1,76 \cdot 34890^2 \cdot \frac{0,75}{0,25} \cdot 10^{-7} = 642,74 \text{ Н} \quad (39)$$

Визначаємо момент опору динамічному впливу:

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{0,04^2 \cdot 0,48}{6} = 1,28 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 \quad (40)$$

Визначаємо максимальне механічне напруження в матеріалі шин у точці взаємодії згинального моменту:

$$\delta_{\text{М}} = \frac{F \cdot L^2}{10 \cdot W} = \frac{642,74 \cdot 0,75^2}{10 \cdot 1,28 \cdot 10^{-4}} = 28,8 \text{ МПа} \quad (41)$$

$$\delta_{\text{ДОП}} \geq \delta_{\text{М}}$$

$$82,3 \text{ МПа} > 28,8 \text{ МПа}$$

Шини динамічний вплив витримують.

11.1. Перевірка високовольтних кабелів на стійкість до струмів короткого замикання

1. Кабель від РП-6 кВ до асинхронних двигунів.

Кабель ААГУ-6 кВ (3x95)

Визначаємо мінімальний допустимий переріз жили кабелю за умовами термічної стійкості:

									ДП 2023 141	Арк.
										52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$S_{MIN} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{45,65 \cdot 10^6}}{91} = 71,1 \text{ мм}^2, \quad (42)$$

$C = 91$ – коефіцієнт для кабелю з алюмінієвими жилами.

$$S \geq S_{MIN}$$

$$95 \text{ мм}^2 > 71,1 \text{ мм}^2$$

Кабель термічну дію струму витримає.

2. Кабель від РП-6 кВ до КТП.

Кабель ААГУ -6 кВ (3x10)

Мінімальний допустимий переріз жили кабелю за умовами термічної стійкості:

$$S \geq S_{MIN}$$

$$S_{MIN} = 71,1 \text{ мм}^2$$

$$10 \text{ мм}^2 < 71,1 \text{ мм}^2$$

Кабель термічну дію струму не витримає, тому вибираємо кабель більшого перерізу.

Кабель ААГУ-6 кВ (3 x 95). $I_{ДОП} = 215 \text{ А}$.

$$95 \text{ мм}^2 > 71,1 \text{ мм}^2$$

Кабель термічну дію струму витримає.

3. Кабель від РУ-6 кВ до електростанції.

Кабель ААГУ -6 кВ 3 (3x150)

Мінімальний допустимий переріз жили кабелю за умовами термічної стійкості:

$$S_{MIN} = 71,1 \text{ мм}^2$$

$$S \geq S_{MIN}$$

$$3 \times 150 \text{ мм}^2 < 71,1 \text{ мм}^2$$

Кабель термічну дію струму витримає.

					ДП 2023 141	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. РОЗРАХУНОК СТРУМУ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ В МЕРЕЖАХ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

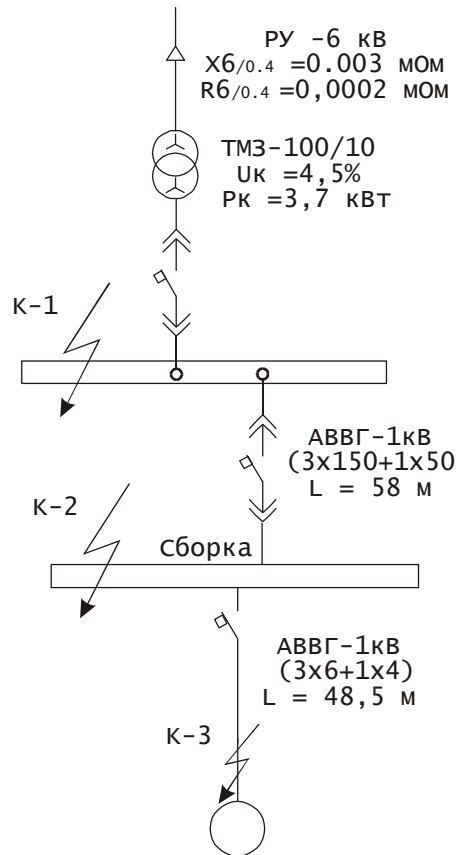


Рис. 12.1. Розрахункова схема

Приводимо опори системи електропостачання високої напруги до напруги 0,4 кВ:

$$R_{6/0,4} = R_6 \cdot \frac{U_6^2}{S_6} \cdot K_T^2 = 0,035 \cdot \frac{6,3^2}{100} \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,0002 \text{ мОм}; \quad (43)$$

$$X_{6/0,4} = X_6 \cdot \frac{U_6^2}{S_6} \cdot K_T^2 = 0,674 \cdot \frac{6,3^2}{100} \cdot \left(\frac{0,4}{6}\right)^2 = 0,003 \text{ мОм.}$$

ДП 2023 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Симочко Ю.В.			
Перевір.	Мащенко О.А.			
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.	Балюта С.М.			
12. Розрахунок струму трифазного короткого замикання в мережах напругою до 1000 В				
Літ.		Арк.	Аркушів	
		54		
ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск				

Опір цехового трансформатора:

$$R_T = \frac{\Delta Pk}{S_{НОМТР}} \cdot \frac{U^2_{НОМ}}{S_{НОМТР}} = \frac{1.97}{100} \cdot \frac{0.4^2}{100} \cdot 10^6 = 31,5 \text{ мОм}; \quad (44)$$

$$X_T = \sqrt{\left(\frac{Uk\%}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta Pk}{S_{НОМТР}}\right)^2} \cdot \frac{U^2_{НОМ}}{S_{НОМТР}} \cdot 10^6 = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{1.97}{100}\right)^2} \cdot \frac{0.4^2}{100} \cdot 10^6 = 20,8 \text{ мОм}. \quad (45)$$

Питомі опори жили кабелю АВВГ-1 кВ (3x150 + 1x50):

$$R_{0\Phi} = 0,22 \text{ Ом/км}; \quad X_{0\Phi} = 0,06 \text{ Ом/км}.$$

Опір жили кабелю довжиною $L_1 = 0,058$ км:

$$R_{1\Phi} = R_{0\Phi} \cdot L_1 = 0,22 \cdot 0,058 = 0,012 \text{ Ом};$$

$$X_{1\Phi} = X_{0\Phi} \cdot L_1 = 0,06 \cdot 0,058 = 0,0034 \text{ Ом}.$$

Питомі опори жили кабелю АВВГ-1 кВ (3x6 + 1x4):

$$R_{0\Phi} = 5,55 \text{ Ом/км}; \quad X_{0\Phi} = 0,09 \text{ Ом/км}. [9]$$

Опір жили кабелю довжиною $L_2 = 0,0458$ км:

$$R_{2\Phi} = R_{0\Phi} \cdot L_2 = 5,55 \cdot 0,0458 = 0,254 \text{ Ом}.$$

$$X_{2\Phi} = X_{0\Phi} \cdot L_2 = 0,09 \cdot 0,0458 = 0,0041 \text{ Ом};$$

Коротке замикання в точці К-1:

Результуючий опір:

$$\text{Індуктивний опір: } X_{РЕЗ} = X_{6/0,4} + X_T = 0,003 + 20,8 = 20,803 \text{ мОм}; \quad (46)$$

$$\text{Активний опір: } R_{РЕЗ} = R_{6/0,4} + R_T + R_{ДОБ} = 0,0002 + 31,5 + 15 = 46,5002 \text{ мОм}, \quad (47)$$

де $R_{ДОБ} = 15$ мОм – перехідний опір контактів

Результуючий повний опір:

$$Z_{РЕЗ} = \sqrt{X_{РЕЗ}^2 + R_{РЕЗ}^2} = \sqrt{20,803^2 + 46,5002^2} = 50,9 \text{ мОм} \quad (48)$$

Значення струму короткого замикання в точці К-1:

$$I_{K-1} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{РЕЗ}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 50,9} = 4,5 \text{ кА} \quad (49)$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{yK-1} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K-1} = \sqrt{2} \cdot 1,05 \cdot 4,5 = 6,68 \text{ кА}, \quad (50)$$

де $K_y = 1,05$ – ударний коефіцієнт.

										ДП 2023 141	Арк.
											55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Коротке замикання в точці К-2:

1. Результуючий опір:

Індуктивний опір: $X_{PE3} = X_{6/0,4} + X_T + X_{1\Phi} = 0,003 + 20,8 + 3,4 = 24,2$ мОм;

Активний опір: $R_{PE3} = R_{6/0,4} + R_T + R_{1\Phi} + R_{ДОБ} = 0,0002 + 31,5 + 12 + 15 + 20 = 78,5$ мОм,

де $R_{ДОБ} = 20$ мОм – перехідний опір контактів.

Результуючий повний опір:

$$Z_{PE3} = \sqrt{X_{PE3}^2 + R_{PE3}^2} = \sqrt{24,2^2 + 78,5^2} = 82,2 \text{ мОм} \quad (60)$$

Значення струму короткого замикання в точці К-2:

$$I_{K-2} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{PE3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 82,2} = 2,8 \text{ кА.} \quad (61)$$

Ударний струм короткого замикання:

$$i_{yK-2} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K-2} = \sqrt{2} \cdot 1,03 \cdot 2,8 = 4,1 \text{ кА,}$$

де $K_y = 1,03$ – ударний коефіцієнт.

Коротке замикання в точці К-3:

1. Результуючий опір:

Індуктивний опір: $X_{PE3} = X_{6/0,4} + X_T + X_{1\Phi} + X_{2\Phi} = 0,003 + 20,8 + 3,4 + 4,1 = 28,3$ мОм;

Активний опір: $R_{PE3} = R_{6/0,4} + R_T + R_{1\Phi} + R_{2\Phi} + R_{ДОБ} = 0,0002 + 31,5 + 12 + 254 + 15 + 20 + 25 + 30 = 387,5$ мОм,

де $R_{ДОБ} = 25$ мОм і 30 мОм – перехідний опір контактів.

Результуючий повний опір:

$$Z_{PE3} = \sqrt{X_{PE3}^2 + R_{PE3}^2} = \sqrt{28,3^2 + 387,5^2} = 388,5 \text{ мОм} \quad (62)$$

5. Значення струму короткого замикання в точці К-3:

$$I_{K-3} = \frac{U_{НОМ}}{\sqrt{3} \cdot Z_{PE3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 388,5} = 0,59 \text{ кА} \quad (63)$$

6. Ударний струм короткого замикання:

$$i_{yK-3} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K-3} = \sqrt{2} \cdot 1 \cdot 0,59 = 0,83 \text{ кА,}$$

де $K_y = 1$ – ударний коефіцієнт.

									ДП 2023 141	Арк.
										56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Результати розрахунків струмів трифазного короткого замикання заносимо у зведену табл. 12.1.

Таблиця 12.1

Зведена таблиця розрахунку струмів короткого замикання

Точка К.З.	$I_K^{(3)}$, кА	i_y , кА
К-1	4,5	6,68
К-2	2,8	4,1
К-3	0,59	0,83

					ДП 2023 141	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

13. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичні вимикачі призначені для автоматичного розмикання електричних кіл при ненормальних режимах роботи, для рідких оперативних перемикачів при нормальних режимах, а також для захисту електричних кіл при недопустимих зниженнях напруги. Найменший струм, що викликає відключення автоматичного вимикача, називають струмом спрацьовування, а настроювання розщеплювача автоматичного вимикача на заданий струм спрацьовування – вставкою струму спрацьовування.

1) Номінальний струм автоматичного вимикача:

Вибирається по тривалому розрахунковому струму.

$$I_{ав} \geq I_{н.трив}$$

2) Номінальний струм теплового розщеплювача:

Вибирається по тривалому розрахунковому струму лінії:

$$I_{н.тр} \geq I_{н.трив}$$

Для двигуна:

$$I_{н.трив} = I_{ном}$$

$I_{ном}$ – номінальний струм двигуна

Для групи електроспоживачів:

$$I_{н.трив} = I_{роз}$$

$I_{роз}$ – максимальний розрахунковий струм

3) Струм спрацьовування електромагнітного розщеплювача:

Має бути не менше 125 % струму пускового або максимально короткочасного:

$$I_{спр.емр} \geq 1,25 \cdot I_{кр}$$

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Симочко Ю.В.</i>			13. Вибір електричних апаратів напругою до 1000 В	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					58	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Для двигуна:

$$I_{кр} = I_{пуск}$$

$I_{пуск}$ – номінальний пусковий струм двигуна

Для групи електроспоживачів:

$$I_{кр} = I_{пуск.макс} + (\Sigma I_{ном.роз} - I_{ном.макс})$$

$I_{пуск.макс}$ – номінальний пусковий струм самого потужного двигуна в групі;

$I_{ном.макс}$ – номінальний струм самого потужного двигуна в групі;

$\Sigma I_{ном.роз}$ – розрахунковий максимальний струм, взятий з таблиці навантажень.

Паспортні дані споживачів P_H , I_H , $I_{ПУСК}$ взяті з довідникової літератури.

1. Насос акумуляторних баків:

$$P_H = 11 \text{ кВт}; \quad I_{НОМ} = 22 \text{ А}; \quad I_{ПУСК} = 132 \text{ А.}$$

Додержуючись вище зазначених умов вибираємо струм автомату $I_{ав} = 25 \text{ А}$.

Тип автоматичного вимикача:

$$BA51Г-25 \frac{25}{10 \cdot I_H}, \quad (64)$$

де $I_{н.тр} = 25 \text{ А}$ – номінальний струм теплового розщеплювача;

$I_{ср.емр} = 10 \cdot I_H = 10 \cdot 25 = 250 \text{ А}$ – вставка спрацьовування електромагнітного розщеплювача.

$$I_{кр} = I_{пуск} = 132 \text{ А.}$$

Перевірка:

1) $I_{ав} \geq I_{н.трив.}$

$$25 \text{ А} \geq 22 \text{ А}$$

2) $I_{н.тр.} \geq I_{н.трив.}$

$$25 \text{ А} \geq 22 \text{ А}$$

3) $I_{ср.емр} \geq 1,25 \cdot I_{кр}$

$$10 \cdot 25 \geq 1,25 \cdot 132$$

$$250 \text{ А} \geq 165 \text{ А}$$

										ДП 2023 141	Арк.
											59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

2. Дренажний насос:

$$P_H = 7,45 \text{ кВт}; \quad I_{НОМ} = 14,8 \text{ А}; \quad I_{ПУСК} = 103,6 \text{ А.}$$

Вибираємо струм автомата $I_{ав} = 16 \text{ А}$.

Тип автоматичного вимикача:

$$BA51Г - 25 \frac{16}{10 \cdot I_n},$$

$$I_{кр} = I_{пуск} = 103,6 \text{ А.}$$

Перевірка:

1) $I_{ав} \geq I_{н.трив.}$

$$16 \text{ А} \geq 14,8 \text{ А}$$

2) $I_{н.тр.} \geq I_{н.трив.}$

$$16 \text{ А} \geq 14,8 \text{ А}$$

3) $I_{ср.емр} \geq 1,25 I_{кр}$

$$10 \cdot 16 \geq 1,25 \cdot 103,6$$

$$160 \text{ А} \geq 129,5 \text{ А.}$$

Вибір магнітних пускачів і теплових реле

1. $I_{ср.т} \approx 1,1 \dots 1,2 \cdot I_{н.дв}$

2. По $I_{ср.т}$ вибирається теплове реле й вказуються струми неспрацьовування

$I_{НЕСП}$.

1. Насос акумуляторних баків:

$$P_H = 11 \text{ кВт}; \quad I_{н.дв} = 22 \text{ А.}$$

За умовами наведених вище умов вибираємо пускач ПМЛ-2200. Магнітний пускач призначений для пуску й зупинки асинхронних електродвигунів, виконує функції захисту мінімальної напруги. Теплове реле служить для захисту електродвигуна від струму перевантаження, що перевищує 15...20 хвилин, у межах 10...20 % від номінального струму електродвигуна.

Магнітний пускач вибирається за умовою:

										ДП 2023 141	Арк.
											60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$I_{н.п} \geq I_{н.дв}$$

де: $I_{н.п}$ – номінальний струм магнітного пускача, А;

$I_{н.дв}$ – номінальний струм електродвигуна, А.

Теплове реле вибирається за умовою:

1. По номінальному струму двигуна розраховується струм спрацьовування реле:

$$I_{н.п} = 25 \text{ А.}$$

Перевірка: $I_{н.п} \geq I_{н.дв}$

$$25 \text{ А} > 22 \text{ А}$$

$$I_{ср.т} = 1,1 \cdot 22 = 24,2 \text{ А}$$

Вибираємо теплове реле РТЛ-102104 $I_{несп} = 13...25 \text{ А.}$

2. Дренажний насос:

$$P_n = 7,45 \text{ кВт}; \quad I_{н.дв} = 14,8 \text{ А.}$$

Вибираємо пускач ПМЛ-2200.

$$I_{н.п} = 25 \text{ А.}$$

Перевірка: $I_{н.п} \geq I_{н.дв}$

$$25 \text{ А} > 14,8 \text{ А}$$

$$I_{ср.т} = 1,1 \cdot 14,8 = 16,3 \text{ А}$$

Вибираємо теплове реле РТЛ-102104 $I_{несп} = 13...25 \text{ А.}$

					ДП 2023 141	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. ВИБІР ПРОВІДНИКІВ НАПРУГОЮ ДО 1000 В

При виборі перерізу провідників в електричних мережах враховуються як робочі, так і можливі аварійні режими роботи мереж.

Переріз проводів і кабелів напругою до 1000 В визначається за умовою нагрівання залежно від розрахункового значення тривало допустимого струмового навантаження при 25 °С. Основним показником робочого режиму ліній і інших елементів мережі є тривале або розрахункове струмове навантаження.

1) Вибір перерізу провідників по розрахунковому струмовому навантаженню полягає в дотриманні умови:

$$I_{\text{трив.доп}} \geq K \cdot I_{\text{роз}},$$

де $I_{\text{трив.доп}}$ – тривало допустимий струм провідника, А;

$I_{\text{роз}}$ – розрахункове або тривале струмове навантаження провідника, А;

K – коефіцієнт (для вибухонебезпечного середовища приймається рівним 1,25; для нормального середовища рівним 1).

2) Після вибору перерізу проводиться його перевірка на узгодження із захисним апаратом:

$$I_{\text{трив.доп}} \geq K_3 \cdot I_{\text{зах}}$$

де $I_{\text{зах}}$ – струм захисту автоматичного вимикача, А;

K_3 – коефіцієнт захисту (для вибухонебезпечного середовища приймається рівним 1,25; для нормального середовища рівним 1).

Насос акумуляторних баків:

$$P_H = 11 \text{ кВт}; \quad I_{\text{н.дв}} = 22 \text{ А.}$$

Оскільки, середовище в приміщеннях електростанції нормальне, то $K=1$;
 $K_3=1$.

					<i>ДП 2023 141</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Симочко Ю.В.			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Мащенко О.А.				62	
Реценз.					ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.							
Затверд.		Балюта С.М.					
14. Вибір провідників напругою до 1000 В							

Вибираємо кабель: АВВГ-1 кВ (4х10) – кабель із алюмінієвими жилами, з полівінілхлоридною ізоляцією, з полівінілхлоридною оболонкою, без захисного покриття.

$$I_{\text{трив.доп}} = 45 \text{ А [1]}.$$

Перевірка:

$$1) I_{\text{трив.доп}} \geq K \cdot I_{\text{расч}}$$

$$45 \text{ А} > 1 \cdot 22 \text{ А}$$

$$2) I_{\text{трив.доп}} \geq K_3 \cdot I_{\text{зах}}$$

$$45 \text{ А} > 1 \cdot 10 \text{ А}$$

Шини 0,4 кВ:

Шини вибираються по розрахунковому струму й перевіряються за умовою нагрівання.

$$\text{З таблиці навантажень } I_{\text{роз}} = 170,8 \text{ А}$$

Вибираємо алюмінієві шини А (20х3) одна смуга на фазу [1].

$$I_{\text{доп}} = 215 \text{ А [1]}$$

Перевірка:

$$215 \text{ А} > 1 \cdot 170,8 \text{ А}.$$

					ДП 2023 141	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. ОБЛІК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

Питання раціональної, економічної витрати електроенергії стають все більш важливими для багатьох підприємств і організацій, у зв'язку з високими розцінками на енергоресурси й електроенергію. Найважливішою умовою рішення цих питань є організація доступної і якісної системи обліку електроенергії, споживаної промисловими підприємствами й іншими споживачами.

Облік витрати електроенергії в промислових підприємствах проводять у наступних цілях:

- 1) розрахунок за електроенергію з енергопостачальною організацією;
- 2) контроль витрати активної електроенергії в окремих цехах, на енергоємких агрегатах, технологічних лініях і інших об'єктах;
- 3) визначення кількості реактивної потужності, отриманої споживачем від електропостачальної організації або переданої їй, у випадках, коли за цими даними роблять розрахунки або контроль дотримання заданого режиму роботи компенсуючих пристроїв;
- 4) складання електробалансів по підприємству в цілому, а також по найбільш енергоємких агрегатах, цехам і групам споживачів, що дає можливість на їхній основі проводити аналіз ефективності використання електроенергії у виробничих процесах, виявляти невиробничі витрати й втрати електроенергії, розробляти й здійснювати заходи щодо їхнього зниження й усунення;
- 5) розрахунок зі споживачами, що одержують електроенергію через підстанції підприємства, такими, як, наприклад, будівельні й монтажні організації, житлові селища й т.д.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Симочко Ю.В.</i>			15. Облік електроенергії	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					64	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

Розрахунковим (комерційним) обліком електроенергії називається облік виробленої, а також відпущеної споживачам електроенергії для грошового розрахунку за неї. Лічильники встановлювані для розрахункового обліку, називаються розрахунковими лічильниками й повинні бути класу точності не нижче двох, якщо лічильники підключаються через вимірювальні трансформатори, то останні повинні мати клас точності 0,5. Розрахункові лічильники перебувають на балансі й в експлуатації енергопостачальної організації.

Технічним (контрольним) обліком електроенергії називається облік для контролю витрати електроенергії електростанцій, підстанцій, підприємств, будинків, квартир і т.п. Прилади технічного обліку на промислових підприємствах (лічильники й вимірювальні перетворювачі) повинні перебувати у вводі самих споживачів і задовольняти наступним вимогам:

- 1) кожний встановлений лічильник повинен мати на гвинтах, що кріпить кожух лічильника, пломби із клеймом дерконтролю;
- 2) на нових встановлюваних трифазних лічильниках повинні бути пломби державної перевірки з давниною не більше 12 міс, а на однофазних лічильниках – з давниною не більше 2 років;
- 3) облік активної електроенергії й реактивної потужності трифазного струму повинен проводитися за допомогою трифазних лічильників;
- 4) допустимі класи точності лічильників технічного обліку активної енергії повинні відповідати значенням, приведеним нижче: 1.0 – для генераторів потужністю 12-50 МВт і трансформаторів потужністю 10-40 МВт, для ліній електропередачі із двостороннім живленням напругою 220 кВ і вище й трансформаторів 63 МВА та більше; 2.0 – для інших об'єктів обліку.

Класи точності лічильників технічного обліку реактивної потужності допускається вибирати на один ступінь нижче відповідного класу точності лічильників технічного обліку активної енергії.

Плату за електроенергію, що відпускається промисловим і прирівняним до них споживачам як безпосередньо від мереж енергопостачальних організацій,

						ДП 2023 141	Арк.
							65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

так і через мережі головних абонентів, роблять по одноставковим і двоставковим тарифам відповідно до преїскуранту тарифів на електроенергію.

По одноставковому тарифу оплачують електроенергію, що витрачається промисловими й прирівняними до них споживачами із приєднаною потужністю до 750 кВ·А.

По двоставковому тарифу оплачують електроенергію, споживану промисловими й прирівняними до них споживачами із приєднаною потужністю 750 кВ·А і більше. Двоставковий тариф складається із річної оплати за 1 кВт заявленої споживачем максимальної потужності, що бере участь в максимумі навантаження енергосистеми (основна ставка), і плати за 1 кВт·год відпущеної споживачу активної електроенергії, врахованим лічильником (додаткова ставка).

Під заявленою потужністю мають на увазі абионовану споживачем найбільшу півгодинну електричну потужність, що збігається з періодом максимального навантаження енергосистеми й використовувану на виробничі потреби, включаючи потужність субабонентів двоставкового тарифу.

					ДП 2023 141	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

16. РОЗРАХУНОК ЗАХИСТУ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ДВИГУНА

Двигуни напругою понад 1000 В, що обслуговують невідповідальні механізми, при незначній їхній потужності (до 200-300 кВт) можуть захищатися плавкими запобіжниками. Вибір запобіжників у цих випадках виконується по кривих. Із кривих випливає, що при $I_{п.в.ном} > I_{дв.ном}$ і при кратності пускового струму $I_{п}/I_{дв.ном} \leq 6-7$ запобіжники забезпечують час пуску двигуна 4-60 с відповідно до умов пуску; тут $I_{п.в.ном}$ – номінальний струм плавкої вставки; $I_{дв.ном}$ – номінальний струм двигуна при повному завантаженні. Якщо плавкі запобіжники не забезпечують вимог, пропонованих до захисту двигунів, застосовують релейний захист.

На синхронних і асинхронних двигунах напругою понад 1000 В встановлюють релейний захист від наступних видів пошкоджень і ненормальних режимів роботи:

- 1) багатофазних замикань в обмотці статора й на її виводах;
- 2) замикань на землю в обмотці статора;
- 3) струмів перевантаження;
- 4) зниження напруги;

Для синхронних двигунів передбачається, крім того, захист від асинхронного режиму й замикання в колі збудження.

Для захисту від багатофазних КЗ в обмотках статора двигунів потужністю до 5000 кВт використовується струмова відсічка без витримки часу потужністю 5000 кВт і вище – поздовжній диференційний захист. Обидва захисти діють на відключення вимикачів або іншого апарату, що відключає, а для синхронних двигунів і на автомат гасіння поля (АГП).

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			16. Розрахунок захисту високовольтного двигуна	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мащенко О.А.					67	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

У нас один живильний кабель довжиною $l=0,045$ км, переріз $S=35$ мм² його питомий ємнісної струм: $I_{C.ПИТ}=0,65$ А/км, кількість кабелів, прокладених паралельно $m=1$

$$I_{KL} = I_{C.ПИТ} \cdot l \cdot m = 0,65 \cdot 0,045 \cdot 1 = 0,03 \text{ А}$$

Загальний ємнісної струм електродвигуна:

$$I_{C.ДВ} = I_{ДВ} + I_{KL} = 0,0414 + 0,03 = 0,0414 \text{ А.}$$

Визначимо струм спрацьовування захисту:

$$I_{CЗ} = K_H \cdot K_{БР} \cdot I_{СОБ.ДВ} = 1,2 \cdot 3 \cdot 0,0414 = 0,15 \text{ А.}$$

Розрахований струм спрацьовування захисту порівнюємо з мінімальним струмом спрацьовування, який, для реле РТЗ-50 з одним трансформатором струму нульової послідовності типу ТЗЛ, дорівнює 3 А. Приймаємо $I_{CЗ}=3$ А.

Прийняте значення струму спрацьовування перевіряємо на умову чутливості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{C\Sigma} - I_{C.ДВ}}{I_{CЗ}}, \text{ де } I_{C\Sigma}=6 \text{ А} - \text{сума власних ємнісних струмів всього обладнання } 6$$

кВ.

$$\text{Тоді } K_{\text{ч}} = \frac{I_{C\Sigma} - I_{C.ДВ}}{I_{CЗ}} = \frac{6 - 0,0414}{0,15} = 39,7 \quad (66)$$

$39,7 > 1,25$ – вимога ПУЕ до чутливості захисту виконуються.

Захист мінімальної напруги.

Захист від зниження напруги виконується для надійності дії за допомогою трьох реле мінімальної напруги й встановлюється для відключення невідповідальних двигунів, забезпечуючи тим самим самозапуск відповідальних. При тривалій відсутності напруги релейний захист відключає й відповідальні двигуни, що необхідно, наприклад, для пуску схеми АВР двигунів або за технологією виробництва. Витримка часу релейного захисту відлаштовується від відсічки двигунів і встановлюється рівною 0,5-1,5 с. Витримка часу на відключення відповідальних двигунів приймається рівною 10-15 с., для того щоб релейний захист не діяв на їхнє відключення при зниженні напруги, викликаного КЗ або самозапуском двигунів.

Доцільно для всіх двигунів, що живляться від однієї секції шин виконати

									ДП 2023 141	Арк.
										70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

загальний захист мінімальної напруги. Цей захист необхідний на додаток до захисту мінімальної частоти із блокуванням по частоті мережі.

Захист виконують на реле мінімальної напруги РН 54/160, що живляться від трансформаторів напруги. Напруга спрацьовування визначається:

$$U_{CP} = \frac{U_{\min.РОб}}{K_H \cdot K_B \cdot n_{TC}}, \text{ де } U_{\min.РОб} = 0,7 \cdot U_{НОМ6} = 0,7 \cdot 6000 = 4200 \text{ В} - \text{ мінімально можлива}$$

напруга на даному рівні, $K_H = 1,1$ – коефіцієнт надійності, $K_B = 1,25$ – коефіцієнт повернення для реле мінімальної напруги.

Для використання в релейному захисті вибираємо трансформатор напруги НТМИ-6 з коефіцієнтом трансформації $n_{TH} = \frac{6000}{100}$

$$U_{CP} = \frac{U_{\min.РОб}}{K_H \cdot K_B \cdot n_{TC}} = \frac{4200}{1,1 \cdot 1,25 \cdot 60} = 50,9 \text{ В. Для захисту вибираємо реле мінімальної}$$

напруги миттєвої дії типу РН-54/160.

					ДП 2023 141	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

17. СПЕЦПИТАННЯ. ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПУСКОРЕГУЛЮЮЧИХ АПАРАТІВ В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДАХ

Пускорегулюючий апарат (ПРА) – це пристрій, за допомогою якого газорозрядна лампа одержує живлення від електричної мережі, забезпечує необхідний режим запалювання лампи і роботу в номінальному режимі. ПРА забезпечує стійку роботу лампи при відхиленнях напруги, а також може виконувати деякі інші функції: підігрів електродів, підвищення напруги для запалювання лампи, компенсацію реактивної потужності світильника, зниження пульсації світлового потоку, зменшення впливу радіоперешкод та ін.

Основним елементом всіх ПРА є запалюючий пристрій (ЗП).

Схемне рішення будь-якого ПРА багато в чому визначає переваги освітлювального приладу. Правильний вибір запалюючого пристрою (стартера) дозволить збільшити термін служби джерела світла, підвищити ККД (до 90 %), поліпшити експлуатаційні характеристики.

Саме процес запалювання визначається стартером, що створює умови запалювання люмінесцентних ламп: електронна емісія при підвищеній нарузі на електродах в момент запалювання.

Можливі два способи запалювання газорозрядних ламп:

- «холодне», без попереднього підігріву електродів перед запалюванням;
- «гаряче», з попереднім підігрівом електродів перед запалюванням.

«Холодне запалювання». При такому способі запалювання основним завданням запалюючого пристрою є створення потужного імпульсу напруги на електродах газорозрядних ламп і збереження його до моменту переходу до дугового розряду. Це обґрунтовується слабкою емісією холодних електродів.

					ДП 2023 141			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Симочко Ю.В.			17. Спецпитання. Використання сучасних пускорегулюючих апаратів в освітлювальних приладах	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Мащенко О.А.					72	
Реценз.						ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Балюта С.М.						

Такі умови можна створити, застосувавши помножувачі напруги або резонансні схеми, виконані на імпульсних трансформаторах, ємностях, діодах тощо.

Істотною перевагою таких схем є можливість використання ламп із перегорілою спіраллю. При всіх перевагах цей спосіб має підвищену небезпеку і велику вартість, тому застосовується рідше, ніж «гаряче».

«Гаряче запалювання». При такому способі запалювання електронна емісія більш інтенсивна, а схеми запалюючого пристрою різноманітніші. За принципом побудови можливі два варіанти запалюючого пристрою:

- з фіксованим часом нагрівання (1-й і 2-й тип);
- з нефіксованим часом нагрівання (3-й тип).

1-й тип. Недорога дросельна схема на базі теплового реле з біметалевою пластиною. Стартер тліючого розряду. Процес запалювання має випадковий характер.

2-й тип. Напівпровідниковий стартер. Біметалева пластина відсутня. Імпульс запалювання ~ амплітудне значення напруги мережі. Випадкове запалювання виключене. Характерний для більшості схем електронного запалювання. Вартість елементної бази висока. Обґрунтування необхідність створення стабільних характеристик прогрівання електродів і запалювання люмінесцентних ламп.

3-й тип. Тиристорний стартер. Найпростіший, зручний і перспективний. Добре узгоджується нагрівання електродів із подачею імпульсу запалювання в потрібний момент.

17.1. Електромагнітні пускорегулюючі апарати

Прості електромагнітні ПРА (ЕМПРА) для люмінесцентних ламп містять тільки два основних елементи: дросель і стартер. На нього покладені три основні завдання: пробій, запалення і стабілізація робочого режиму лампи.

Але й у цієї простої схеми є недоліки:

1) необхідний опір ($Z_{др}$, Ом) для стандартних люмінесцентних ламп, що

									ДП 2023 141	Арк.
										73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

визначається за формулою ($Z_{op} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$), кілька «сотень» Ом. При $f = 50$ Гц індуктивність (L) досягає значень 1 Гн. Виходить великий і масивний дросель, який має значні втрати потужності;

2) запалювання ненадійне, іноді потрібно кілька спроб, що знижує термін служби (особливо при частих виключеннях);

3) непомітна для людського ока пульсація світлового потоку при зміні напруги мережі з частотою 50 Гц. Таке освітлення викликає стомлення і не рекомендується в офісних приміщеннях.

17.2. Електронні пускорегулюючі апарати

У порівнянні з електромагнітними ПРА, електронні ПРА (ЕПРА) мають наступні переваги:

- вищий ККД;
- можливість регулювання світлового потоку при роботі люмінесцентних ламп в системі «лампа-ПРА»;
- немає миготіння люмінесцентних ламп при включенні і пульсації світлового потоку при роботі.

Структурна схема сучасного ЕПРА представлена на рис. 17.1.

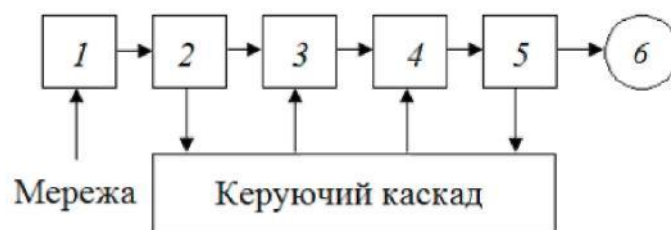


Рис. 17.1. Структурна схема ЕПРА:

- 1 - фільтр; 2 - випрямляч; 3 - коректор; 4 - підсилювач; 5 - вхідний каскад;
6 - джерело світла

Застосування ЕПРА з автоматичною підтримкою рівня освітленості на робочому місці (з урахуванням природного освітлення) дозволить економити до 70 % електричної енергії, що витрачається на освітлення.

Основними елементами ЕПРА є:

- фільтр (1) призначений для зменшення впливу високочастотних перешкод

										ДП 2023 141	Арк.
											74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

радіоприйому, він складається з індуктивностей та ємностей;

- випрямляч (2), зібраний за мостовою схемою, для випрямлення змінного струму;
- коректор (3) на потужних транзисторах, для корекції форми імпульсу споживаного струму;
- підсилювач (4) на польових транзисторах, для посилення потужності сигналу, що надходить на вхідний каскад;
- вхідний каскад (5) призначений для формування запалюючого імпульсу, що підводиться до джерела світла. По суті він є традиційним ПРА;
- керуючий каскад на мікросхемах, призначений для управління силовими транзисторами.

Така схема ЕПРА забезпечує:

- нагрівання електродів лампи;
- запалювання, стабілізацію параметрів при роботі;
- захист від перевантаження не лише в робочому режимі, але і на холостому ході (без лампи).

Більшість ЕПРА в даний час випускаються «холодного» включення (без попереднього підігріву електродів). Вони цілком придатні для освітлювальних приладів з числом включень на добу не більше п'яти.

Недоліком ЕПРА «холодного» включення є відсутність можливості регулювання світлового потоку ламп.

17.3. Інтелектуальні пускорегулюючі апарати

Зазвичай стандартні ЕПРА регулюють один параметр: потужність чи струм лампи, що забезпечує їх експлуатацію або при постійній потужності, або при постійному струмі.

Для скорочення типів освітлювальних приладів потрібний ЕПРА, що керує комбінацією ламп з одною геометрією, але різною потужністю.

Для їх узгодження спроектований ЕПРА з мікроконтролерним управлінням («Osram»), блок-схема такого ЕПРА представлена на рис. 17.2.

									ДП 2023 141	Арк.
										75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

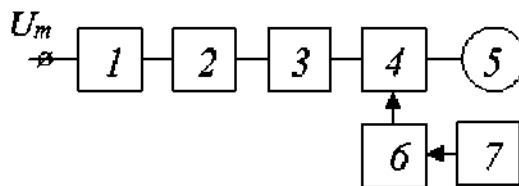


Рис. 17.2. Блок-схема електронного ПРА з МК-управлінням:

1 - фільтр; 2 - випрямляч; 3 - коректор; 4 - інвертор; 5 - джерело світла; 6 - мікроконтролер; 7- задавач параметрів

Від стандартного (аналогового) ЕПРА він відрізняється лише тим, що осердя замінено мікроконтролером (МК).

Його перевагою є здатність зберігати у своїй пам'яті різноманітні комбінації для освітлювальних приладів у цифровій формі і вибирати будь-який із наборів за потребою.

Застосування мікроконтролерного управління освітленням дозволить виробникам скоротити число типів ЕПРА, освітлювальних приладів, вартість, витрати.

З'являється можливість здійснення різних рівнів освітленості при стандартному обладнанні.

17.4. Схеми запалювання

17.4.1. Схема «холодного» запалювання з запалюючим пристроєм на змножувачі напруги

Призначена для запалювання освітлювального пристрою з одною люмінесцентною лампою потужністю 20, 30, 40 або 80 Вт тривалого терміну служби.

Принципова електрична схема запалювання з блоком запалювання та живлення (БЗЖ) представлена на рис. 17.3.

					ДП 2023 141	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

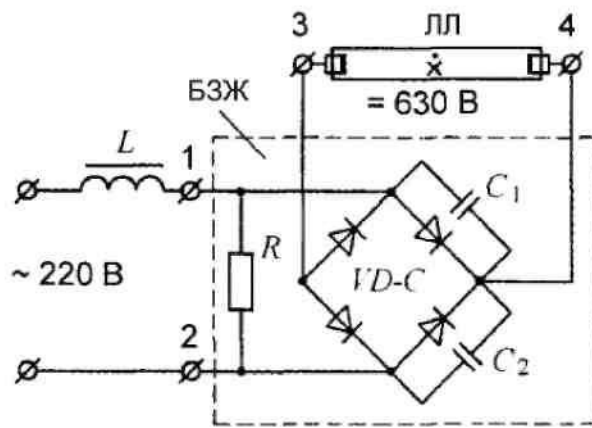


Рис. 17.3. Принципова електрична схема запалювання люмінесцентних ламп з БЗЖ:
 БЗЖ - блок запалювання та живлення; VD-C - діодно-конденсаторна схема множення;
 L - дросель; R - розрядний резистор

Блок запалювання та живлення являє собою діод-конденсаторну схему множення, що дає на виході імпульс напруги постійного струму 630 В, стартерного виконання.

Принцип дії: при підключенні схеми до мережі (220 В, 50 Гц) на будь-якій півхвилі заряджаються конденсатори C_1 і C_2 до 630 В. При напрузі 630 В постійного струму здійснюється електричний розряд у парах ртуті й атмосфері аргону в лампі. Утворюється сильне ультрафіолетове випромінювання (УФВ). Невидиме ультрафіолетове випромінювання перетворюється люмінофором у видиме випромінювання (світло).

Особливості:

- блок запалювання та живлення забезпечує роботу люмінесцентної лампи з перегорілою (обірваною) спіраллю.
- відновлюється робота люмінесцентної лампи, якщо почався «миготливий режим», чи вона згасла. Для цього досить у лампотримачі лампу повернути на 180° або блок-стартер (блок запалювання та живлення) в стартеротримачі;
- резистор R забезпечує зняття надмірної напруги з конденсаторів C_1 і C_2 ;
- призначені для заміни стартерів тліючого розряду і виконані у тих же габаритах.

17.4.2. Схеми «холодного» безстартерного запалювання люмінесцентної лампи:

- трансформаторна (рис. 17.4). Найбільш проста і розповсюджена з

									Арк.
									77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- велика вартість;
- підвищена втрата потужності;
- більші габарити, ніж у стартерних.

17.4.3. Схема включення газорозрядної лампи високого тиску (ГЛВТ)

Призначена для ламп високого тиску з виправленою колірністю типу ДРЛ (рис. 17.6).

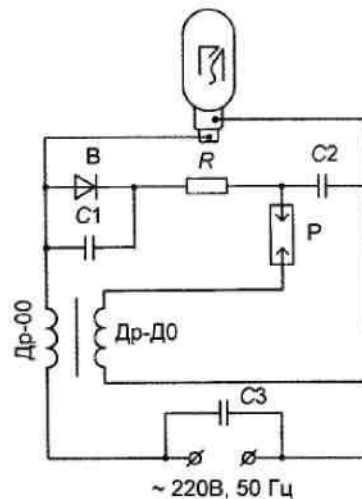


Рис. 17.6. Принципова електрична схема запалювання дугової ртутної люмінесцентної лампи (ДРЛ):

Др (Др-00, Др-Д0) - дросель з двома обмотками (основною, додатковою); В - випрямляч; R - обмежуючий реактор, С1 - конденсатор захисний випрямляча; С2 - конденсатор накопичуючий; Р - розрядник; С3 - конденсатор обмеження впливу перешкод радіоприйому

Принцип дії: при підключенні живлення формується ланцюг заряду С2 (мережа - Др-00 - В - R - С2 - мережа), який забезпечує його заряд до необхідного значення напруги (200 В). При повному заряді С2 пробивається повітряний простір «Р», а ємність розряджається через «Др-Д0», створюючи імпульс високої напруги, який запалює лампу. При розряді ультрафіолетове випромінювання, що виникає, перетворюється люмінофором у світло.

Для виправлення колірності в звичайних лампах типу ДРЛ застосовується спеціальний люмінофор, який додає до ртутного розряду випромінювання, якого не вистачає, в червоній області спектра.

Лампи типу ДРЛ випускаються 2-х і 4-х електродні. Перевагою 4-х

										Арк.
										80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

електродної лампи, в порівнянні з 2-х електродною, є простіша схема запалювання і не потрібно спеціального запалюючого пристрою: В, С1, R, С2, Р, Др-ДО.

Лампи типу ДРЛ стійкі до атмосферних впливів, їх світловий потік і процес запалювання не залежать від температури навколишнього середовища. Потік номінальний встановлюється через 5 - 7 хв. після включення, а повторно - через 10 - 15 хв., тобто після повного охолодження.

17.4.4. Схема включення газорозрядної лампи з пристроєм імпульсним запалюючим універсальним

Пристрій імпульсний запалюючий універсальний це пристрій- генератор з емнісним накопичувачем ЕЕ і напівпровідниковим ключем паралельного підпалу, призначений для металогалогенних (типу ДРИ) і натрієвих (типу ДНаТ) ламп (рис. 17.7).

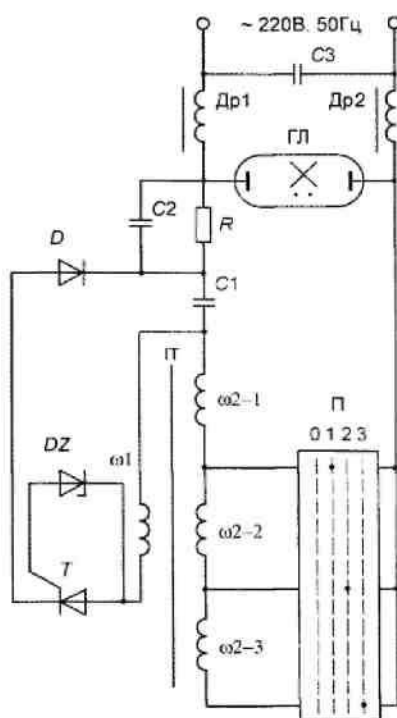


Рис. 17.7. Принципова електрична схема включення газорозрядної лампи з пристроєм імпульсним запалюючим універсальним:

*ПТ - імпульсний трансформатор з обмотками; ω1 - первинна обмотка;
ω2 - вторинні обмотки (регулюючі); П - перемикач; R - C2 - сформовувач імпульсів;
C1 - конденсатор; T - тиристор; D - діод для захисту «Т» по зворотній напрузі;
DZ - стабілітрон; C3 - конденсатор обмеження впливу перешкод радіоприйому*

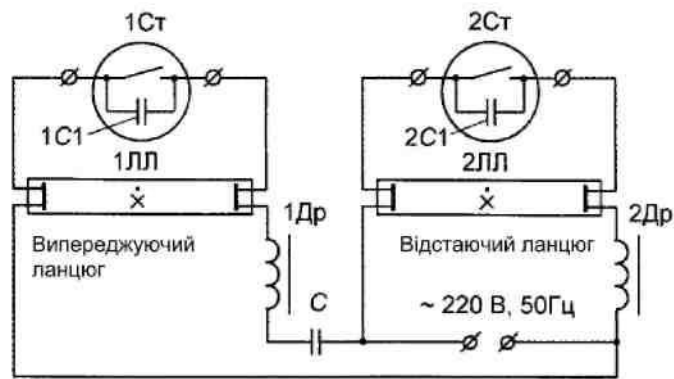


Рис. 17.9. Компенсована схема запалювання люмінесцентної лампи

У ланцюг 1ЛЛ включено 1Др і С - струм в ланцюзі випереджає напругу по фазі, а в ланцюг 2ЛЛ включений 2Др - струм в ланцюзі відстає від напруги. Підбором індуктивностей 1Др, 2Др і ємності С можна домогтися збігу максимального (Φ_{1max}) потоку 1ЛЛ і мінімального (Φ_{2min}) потоку 2ЛЛ, що значно знизить коефіцієнт пульсації. Така схема включення люмінесцентної лампи називається антистробоскопічною компенсованою.

17.4.6. Схема з тиристорним електронним запалюючим пристроєм і нефіксованим часом нагріву електродів люмінесцентної лампи

Схема виконана із застосуванням товстоплівкової технології для електронного запалюючого пристрою, що значно знизило її вартість (рис. 17.10).

Принцип дії: при підключенні схеми до мережі U_m і досягненні в 1-ий позитивний напівперіод на ПУТ потенціалу відкриття ($\phi_{вз}$) тиристор переходить у стан «провідності». Виникає ланцюг зі струмом (i_2), який підігріває електроди люмінесцентної лампи. Підігрів електродів триває до моменту закриття (відключення) тиристора в 1-ий негативний напівперіод при потенціалі закриття ($\phi_{вз}$) на пристрій управління тиристором. Так відбувається в кожен період до нагрівання електродів, забезпечуючи емісію запалювання (автоматичне регулювання часу запалювання). При досягненні умов запалення і закриття Т виникає імпульс ЕРС самоіндукції, достатній для запалювання люмінесцентної лампи.

Величина імпульсу запалювання регулюється підбором елементів ПУТ (наприклад, R) і ємності (C).

										Арк.
										84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Недоліком цієї схеми є ланцюг з нелінійною вольт-амперною характеристикою, що дає велику різницю по струму включення тиристора Т.

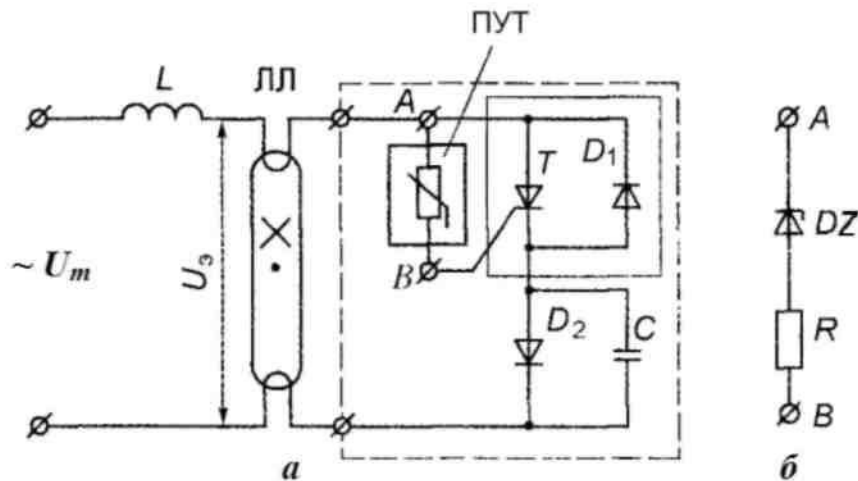


Рис. 17.10. Принципова електрична схема запалювання люмінесцентної лампи з електронним запалюючим пристроєм

3-го типу (а), варіант нелінійної напруги (б):

Т - тиристор; D1 - діод розрядний; D Z - стабілітрон; L - дросель; ПУТ - пристрій управління тиристором, нелінійний елемент

17.4.7. Варіанти схем запалювання люмінесцентної лампи з електронним пускорегулюючим апаратом

В електронному пускорегулюючому апараті (ЕПРА) для обмеження струму також використовується дросель, але в даному випадку він монтується з внутрішнім генератором високої частоти, близько 50 кГц.

Індуктивність дроселя зменшується пропорційно збільшенню частоти (10^3 раз), що ефективно знижує втрати потужності.

Однак дросель занадто малий, а накопиченої в ньому енергії недостатньо для запалювання лампи, тому в електронному пускорегулюючому апараті паралельно люмінесцентній лампі підключається конденсатор С, який утворює разом із дроселем послідовний резонансний контур (рис. 17.11).

Електронні пускорегулюючі апарати позбавлені недоліків електромагнітних пускорегулюючих апаратів і мають переваги:

- 1) Підвищена ефективність електронної пускорегулюючої апаратури дає до

									Арк.
									85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

30 % економії електричної енергії, порівняно зі світильниками з електромагнітною пускорегулюючою апаратурою (ЕмПРА).

2) Допускають роботу при вхідній напрузі постійного струму, що важливо для аварійного освітлення.

3) Дозволяють регулювати світловий потік люмінесцентної лампи (додаткові пристрої).

4) Існує можливість одним електронним запалюючим пристроєм керувати кількома люмінесцентними лампами в багатолампових світильниках з урахуванням виходу їх з роботи.

Є можливість введення заборон і обмежень (наприклад, нагрівання електродів і т.ін.).

Світлова віддача люмінесцентної лампи при роботі на ВЧ значно вища.

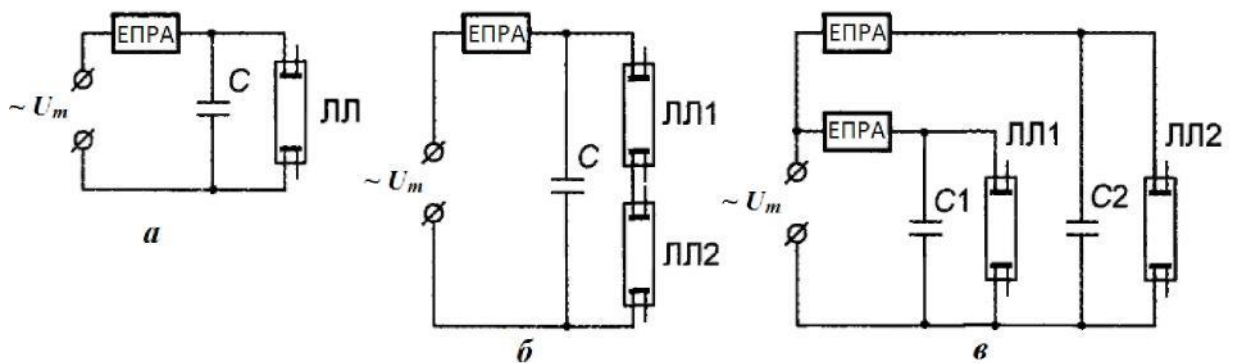


Рис. 17.11. Принципові електричні схеми включення світильників з ЕПРА: однолампового (а), 2-х лампового послідовно (б) і паралельно (в)

17.4.8. Схема включення безелектродної люмінесцентної лампи

Призначена для запалювання та забезпечення стабільної роботи індуктивної безелектродної люмінесцентної лампи (рис. 17.12).

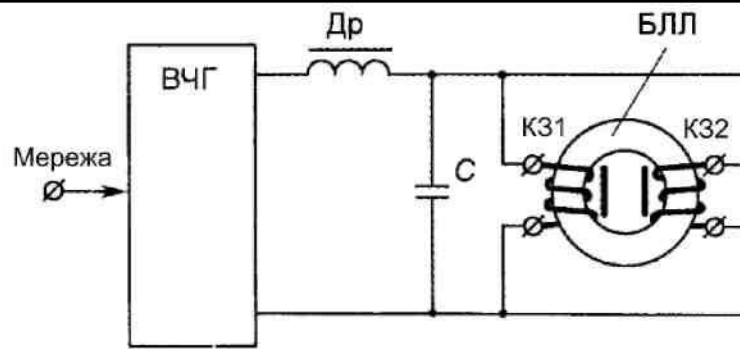


Рис. 17.12. Принципова електрична схема запалення безелектродної люмінесцентної лампи (БЛЛ):

БЛЛ - безелектродна люмінесцентна лампа; К31 та К32 - котушки збудження, з'єднанні паралельно; Др - дросель; С - ємність послідовного резонансного контуру;

ВЧГ - високочастотний генератор

Принцип дії: при підключенні до мережі працює ВЧГ і дає в схему запалювання струм високої частоти (230 кГц). При проходженні високочастотного струму через К31 та К32 створюється електромагнітне поле високої частоти. Енергія поля забезпечує розряд в розрядній колбі і підтримування його в стані плазми. Діє принцип трансформатора, в якому К31 та К32 – первинні обмотки, а плазма – вторинна одновиткова. Виникає невидиме ультрафіолетове випромінювання, яке перетворюється люмінофором у видиме (світло).

									Арк.
									87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

18. ОХОРОНА ПРАЦІ

18.1. Характеристика й аналіз виробничих небезпечних і шкідливих факторів

Таблиця 18.1

Загальна характеристика небезпечних і шкідливих виробничих факторів електрокотельні

№	Небезпечні й шкідливі виробничі фактори	Джерела, місця, причини виникнення небезпечних і шкідливих факторів	Нормовані параметри	Основні засоби захисту
Шкідливі фактори				
1	Аномальні параметри мікроклімату	Електрокотельня	Для роботи середньої важкості: Холодний період $t=19-21^{\circ}\text{C}$ вологість=40-60% швидкість повітря=0,2м/с Теплий період $t=20-23^{\circ}\text{C}$ вологість=40-60% швидкість повітря=0,3м/с Згідно діючих НПАОП	Наявність системи опалення, вентиляції При роботах на відкритому повітрі в холодний період наявність приміщень для обігріву працюючих.
2	Аномальні параметри освітлення	Електрокотельня	При роботах середньої точності $e_n=2,4\%$ $E=200\text{лк}$ Згідно діючих НПАОП	Наявність суміщеного комбінованого освітлення
3	Рівень шуму в приміщенні	Працююче технологічне обладнання електрокотельні	Гранично допустимий рівень звуку $L_a=70\text{ДБА}$ Згідно діючих НПАОП	Звукоізоляція приміщень, наявність індивідуальних засобів захисту від шуму, захист звукоізоляції обладнання
4	Виробнича вібрація	Працююче технологічне обладнання електрокотельні	Гранично допустиме значення виробничої вібрації (для тіла людини 6-9 Гц); Віброшвидкість 2,8 м/с 10^{-2} Віброприскорення 1,4 м/с Згідно діючих НПАОП	Пристрої потужних фундаментів під механізми, пристрої віброгасників і віброізоляторів

ДП 2023 141				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Симочко Ю.В.		
Перевір.		Сірик А.О.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Балюта С.М.		

18. Охорона праці й навколишнього середовища	Літ.	Арк.	Аркушів
	88		
<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>			

Небезпечні фактори				
5	Небезпека ураження електричним струмом	Електроустановки під напругою	Питомий опір заземлювача не більше 4 Ом Гранично допустимий струм, що протікає через тіло людини 5-15 мА. Згідно діючих НПАОП та ПУЕ	Засоби колективного, індивідуального захисту.
6	Роботи на висоті	Робочі місця й проходи до них на висоті 1,3 м і більше й відстані менше 2 м від границі перепаду по висоті. Згідно діючих НПАОП		Використання драбин і підмостків не вище 5 м, монтажних поясів
7	Небезпека виникнення пожеж і вибухів	Обладнання електростанцій	Введення категорій по вибухо - пожежонебезпеці з категорією В. Згідно діючих НПАПБ	Застосування вогнестійких будівельних конструкцій, пристрій системи пожежогасіння.
8	Небезпека ураження блискавкою	Територія електростанцій	Категорія блискавкозахисту 2 Згідно діючих НПАОП	Пристрої блискавкозахисту

18.2. Нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці

Виробниче освітлення.

1. Освітлення виробничих приміщень.

Залежно від джерела світла розрізняють природне, штучне й суміщене освітлення, нормування яких здійснюється у відповідності з ДБН В.2.5.-28:2018.

Освітлення створюється прямими сонячними променями й відбитим (дифузійним) світлом небосхилу. Воно залежить від пори року, часу доби, характеру відбиваючої здатності небосхилу й земної поверхні, географічного місця розташування й т.п.

Природне освітлення може бути наступних видів:

бічне – освітлення приміщення через світлові прорізи в зовнішніх стінах;

верхнє – освітлення приміщення через ліхтарі, світлові прорізи в стінах у місцях перепаду висот будинку;

комбіноване – освітлення через світлові прорізи в зовнішніх стінах і ліхтарі.

Освітлення приміщень природним світлом характеризується коефіцієнтом природної освітленості (КПО).

$$e = E_{вн} / E_{зов} * 100\%$$

									Арк.
									89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Вібрація.

Вібрація – механічні коливання матеріальних точок або тіл.

Джерела вібрацій: різне виробниче обладнання. Причина появи вібрації: неврівноважений силовий вплив. Шкідливі впливи: ушкодження різних органів і тканин; вплив на центральну нервову систему; вплив на органи слуху й зору; підвищення стомлюваності.

Більше шкідлива вібрація, близька до власної частоти людського тіла (6-9 Гц) і рук (30-80 Гц).

Методи зниження вібрації.

- 1) Зниження вібрації в джерелі її виникнення.
- 2) Конструктивні методи (вібропогашення, вібродемфінювання - підбір певних видів матеріалу, віброізоляція).
- 3) Організаційні заходи. Організація режиму праці й відпочинку.
- 4) Використання засобів індивідуального захисту (захист опорних поверхонь)

Мікроклімат. Нормування параметрів мікроклімату.

Мікроклімат на робочому місці характеризується:

- температура, t , °C;
- відносна вологість, φ , %;
- швидкість руху повітря на робочому місці, V , м/с;

Відповідно до діючих НПАОП нормовані параметри мікроклімату підрозділяються на оптимальні й допустимі.

Оптимальні параметри мікроклімату – таке сполучення температури, відносної вологості й швидкості повітря, що при тривалому й систематичному впливу не викликає відхилень у стані людини.

$t = 19-21$, °C, $\varphi = 40 - 60$, %, $V = 0,2$ м/с.

Допустимі параметри мікроклімату – таке сполучення параметрів мікроклімату, що при тривалому впливу викликає приходящу й швидко нормалізуючу зміну, у стані працюючих. $t = 21-23$, °C, $\varphi = 40-60$ %, $V = 0,3$ м/с.

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату, зокрема комфортної вологості, передбачена система витяжної вентиляції.

									Арк.
									91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

18.4. Заземлення електрокотельні

При обслуговуванні електроустановки небезпеку представляють не тільки неізольовані струмоведучі частини, що перебувають під напругою, але й ті конструктивні частини електроустановки, які нормально не перебувають під напругою, але можуть виявитися під напругою при пошкодженні ізоляції (корпуса електродвигунів, пускачів, баки трансформаторів, кожухи шинопроводів, металеві каркаси щитів і т.п.)

Захисне заземлення – це навмисне з'єднання якої-небудь частини електроустановки із заземлюючим пристроєм для забезпечення електробезпеки.

Крім захисного заземлення, в електроустановках застосовується робоче заземлення, призначене для створення нормальних умов роботи апарату або електроустановки.

До робочого заземлення відноситься заземлення нейтралей трансформаторів, генераторів, дугогасительних котушок. Без робочого заземлення апарат не може виконати своїх функцій або порушується режим роботи електроустановки. Для виконання заземлень різних призначень і різних напруг в електроустановках, територіально, наближених одна до іншої, рекомендується застосовувати один загальний заземлюючий пристрій, що задовольняє вимогам до заземлення цих електроустановок.

Заземлюючий пристрій складається із заземлювача й заземлюючих провідників. У якості заземлювачів використовуються в першу чергу природні заземлювачі:

прокладені в землі сталеві водопровідні труби;

труби артезіанських скважин;

сталева броня й свинцеві оболонки силових кабелів, прокладених у землі;

металеві конструкції будинків і споруд, що мають надійний контакт із землею;

різного роду трубопроводи, прокладені в землі.

Розрахунок заземлюючих пристроїв зводиться до визначення кількості

										ДП 2023 141	Арк.
											94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

вертикальних електродів, які потрібно помістити в землю, щоб одержати необхідний опір заземлюючого пристрою.

Електроди розташовуємо в ряд.

Приведемо початкові дані для розрахунку заземлення:

Відповідно до вимог ПУЕ опір заземлюючого пристрою для спільного використання в електроустановках напругою до й вище 1000 В не повинен перевищувати: $R_{3V} \leq 4 \text{ Ом}$.

У приміщенні електрокотельні є природний заземлювач – трубопроводи гарячої й холодної води. Через відсутність даних по їх опорі розтіканню струму прийmemo, що необхідний опір штучного заземлювача має бути рівним необхідному згідно ПУЕ:

$$R_{II} = R_{3V} = 4 \text{ Ом}$$

У розраховуємому приміщенні, крім обладнання на напругу 0,4 кВ є високовольтне обладнання, яке також підлягає заземленню. Тому визначимо опір заземлюючого пристрою по формулі:

$$R_{3V} = \frac{U_{PO3}}{I_{PO3}}, \text{ де } U_{PO3}=125 \text{ В} - \text{ розрахункова напруга на заземлюючому пристрої};$$

$I_{PO3}=42 \text{ А}$ – найбільший струм через заземлення при замиканні на землю на стороні 6 кВ.

$$\text{Тоді } R_{3V} = \frac{U_{PO3}}{I_{PO3}} = \frac{125}{42} = 2,98 \text{ Ом}$$

Коли в приміщенні перебувають електроустановки різних рівнів напруги, то значення опорі заземлюючого пристрою приймається мінімальне з необхідних, тому $R_{3V} = 2,98 \text{ Ом}$.

Для ґрунту типу суглинок питомий опір розтікання струму становить: $\rho_{III} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Значення питомого опорі ґрунту на протязі року не залишається постійним. Ґрунт влітку висихає, а взимку промерзає, це позначається на провідності. Врахування даного фактору виконується введенням підвищувальних коефіцієнтів.

$K_{ПОВ.В}=4,5$ – для вертикальних електродів при довжині 2-3 м і глибині

									Арк.
									95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

залягання 0,5-0,8 м.

$K_{ПОВ.Г}=1,8$ – для горизонтальних електродів при глибині закладання 0,8 м.

Значення коефіцієнтів приведені для третьої кліматичної зони.

Визначимо питомі опори з урахуванням підвищувальних коефіцієнтів

$$\rho_{РОЗ.Г} = \rho_{ПИТ} \cdot K_{ПОВ.Г} = 100 \cdot 1,8 = 180 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (76)$$

$$\rho_{РОЗ.В} = \rho_{ПИТ} \cdot K_{ПОВ.В} = 100 \cdot 4,5 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Для третьої кліматичної зони глибина промерзання ґрунту становить 2,6 метра. А довжина намічених до використання заземлюючих електродів становить 5 м. Така довжина виключає вплив погоди на питомий опір для вертикальних електродів, тому $\rho_{РОЗ.В} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Знайдемо опір одного вертикального електрода виконаного із прутка діаметром 12 мм і довжиною 5 м. Дані по електродах:

$d_E=0,012 \text{ м}$ $l=5 \text{ м}$ Глибина закладання $t=0,7+2,5=3,2 \text{ м}$.

$$R_{ОД.В.Е} = \frac{\rho_{РОЗ.В}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot l}{d_E}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l}\right) \right); \quad (77)$$

$$R_{ОД.В.Е} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln\left(\frac{2 \cdot 5}{0,012}\right) + \frac{1}{2} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5}\right) \right) = 22,72 \text{ Ом}$$

Знайдемо приблизне число вертикальних заземлювачів при попередньо прийнятому коефіцієнті використання $K_B=0,6$.

$$n = \frac{R_{ОД.В.Е}}{K_B \cdot R_{ЗВ}} = \frac{22,72}{0,6 \cdot 2,98} = 12,71 \text{ штук. Попередньо } n=13 \text{ штук.}$$

Знаходимо опір горизонтальних електродів, які представляють із себе сталеві смуги 40x4. Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги 40x4 при числі заземлюючих електродів >10 і відношенню відстані між заземлювачами до їх довжини рівній 1

$K_{В.Г}=0,62$.

$$R_{Г.Е} = \frac{1}{K_{В.Г}} \cdot \frac{\rho_{РОЗ.Г}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H}\right), \text{ де } l - \text{довжина смуги, } l=5 \cdot n=5 \cdot 13=65 \text{ м, } b=0,04 \text{ м -}$$

ширина стрічки, $H=0,7 \text{ м}$ – глибина залягання в ґрунті, тоді

$$R_{Г.Е} = \frac{1}{0,62} \cdot \frac{180}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot l^2}{b \cdot H}\right) = \frac{1}{0,62} \cdot \frac{180}{2 \cdot 3,14 \cdot 65} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot 65^2}{0,04 \cdot 0,7}\right) = 8,97 \text{ Ом.} \quad (78)$$

Тоді, необхідний опір, що повинні давати вертикальні електроди:

									ДП 2023 141	Арк.
										96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$R_{B.E} = \frac{R_{Г.Е} \cdot R_{3У}}{R_{Г.Е} - R_{3У}} = \frac{8,97 \cdot 2,98}{8,97 - 2,98} = 4,46 \text{ Ом} \quad (79)$$

Визначимо реальний коефіцієнт використання вертикальних електродів при їх розташуванні вздовж довжини сторони будинку в ряд, загальним числом близько 10 і відношенню відстані між електродами до їх довжини 1. $K_B=0,56$.

Тоді уточнимо число вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_{ОД.В.Е}}{K_B \cdot R_{B.E}} = \frac{22,72}{0,56 \cdot 4,46} = 9,59 \text{ штук.} \quad (80)$$

Приймаємо остаточно число електродів 10. Електроди рівномірно розташовуємо вздовж довжини сторони будинку.

18.5. Пожежна безпека

Категорія виробництва по вибуховій і пожежній небезпеці

1. Група займистості будматеріалів. Сюди відносяться: дерев'яні будматеріали; бетонні й гіпсові матеріали, які під впливом вогню й високої температури запалюються, тліють або обвуглюються при наявності джерела запалювання.
2. Ступінь вогнестійкості основних будівельних конструкцій і мінімальні межі поширення вогню. Ступінь вогнестійкості I [згідно діючих НПАПБ]. Межі вогнестійкості: стіни, колони-2,5год; сходові площадки, клітки-1год; покриття-0,5год; стелі-1год. поширення вогню не допускається.
3. Пожежо- і вибухонебезпечні властивості речовин, що використовуються у виробництві. Масла моторні й трансформаторні. Температура спалаху парів вище 180 °С. Для запобігання аварій електроустаткування, пожеж, вибухів здійснюються періодичні огляди й технічне обслуговування електрообладнання: перевіряється стан устаткування, відсутність короткого замикання, герметичність і т.д.
4. Система пожежного зв'язку й оповіщення: сюди входять пожежна сигналізація, що виявляє початкову стадію пожежі, передає повідомлення про місце й час її виникнення й, при необхідності включає автоматичні водяні системи пожежогасіння.

											ДП 2023 141	Арк.
												97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								

5. Вибір засобів пожежогасіння. У приміщенні електрокотельні застосовуються:

- Ручні вуглекислотні вогнегасники ВВК-2, ВВК-5, ВВК-8-10 шт.,
- Пінні, хімічні, повітряно-пінні й рідинні-6 шт., крім того, ящики з піском місткістю 0,5 м³, і лопата 3 шт.

Повсть, повстина або азбест- 12 шт.

Установлюються пожежні крани, обладнані рукавами й стовбурами, пожежні щити. По пожежній небезпеці приміщення електрокотельні відноситься до класу В (згідно діючих НПАПБ), тобто є в наявність моторні масла та інші рідини з температурою спалаху парів вище 61 °С, а також ряд інших речовин, здатних горіти при з'єднанні з киснем повітря.

18.6. Блискавкозахист електрокотельні

При проектуванні будинків і споруд системи електропостачання необхідно враховувати й запобігати можливість їх ураження ударами блискавки. Особливо це відноситься до відкритих електроустановок. Ймовірність ураження блискавкою будь-якої споруди, не обладнаної блискавкозахистом, оцінюють формулою:

$n = n_c \cdot (a + 6 \cdot h) \cdot (b + 6 \cdot h)$, де n – очікуване число уражень блискавкою, 1/рік;

n_c – середнє число уражень блискавкою на одиницю земної поверхні за рік у даному районі, 1/(м²·рік). Тривалість грозової діяльності становить 20 годин,

тоді $n_c = 2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{м}^2 \cdot \text{рік}}$, де a,b і h - відповідно довжина, ширина й висота будинку,

що розраховується. У нашому випадку a=70 м, b=25 м, h=7м.

Тоді очікуване число уражень будинку блискавкою в рік складе:

$$n = n_c \cdot (a + 6 \cdot h) \cdot (b + 6 \cdot h) = 2 \cdot 10^{-6} \cdot (70 + 6 \cdot 7) \cdot (25 + 6 \cdot 7) = 0,015$$

Блискавки характеризуються великою руйнуючою дією, що пояснюється великою амплітудою, крутістю наростання й інтегралом струму. З імовірністю 5 % амплітудне значення струму блискавки перевищує 200 кА, тому незважаючи на невелику ймовірність влучення блискавки, необхідно надійно захистити

									Арк.
									98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

проектвану установку. Розрахуємо зону блискавкозахисту одиночного стержневого блискавковідводу. Вона являє собою конус із висотою: $h_0 = 0,82 \cdot H$, де $H = 45$ м - висота блискавковідводу. $h_0 = 0,82 \cdot H = 0,82 \cdot 45 = 36,9$ м.

І радіусом на рівні землі: $r_0 = (1,1 - 0,002 \cdot H) \cdot H = (1,1 - 0,002 \cdot 45) \cdot 45 = 45,45$ м

Відстань від центру блискавковідводу до самої віддаленої від її точки будинку за генеральним планом становить 43 метра. Таким чином, будинок електростанції надійно захищений від влучень блискавок. Зону блискавкозахисту покажемо на генеральному плані електростанції.

					ДП 2023 141	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Каталог электро-осветительной арматуры. Часть 1. М. 1993.
2. Кноринг Г.М. Справочная книга для проектирования электроосвещения. - Л.:Энергия 1976.
3. Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. М.:Высшая школа, 2000.
4. Правила устройств электроустановок. – 6-е изд. С.-Петербург: Госэнергонадзор. 2001г.
5. Фёдоров А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М. 1984г.
6. Рихштейн Э.М. Электроснабжение промышленных установок. М.: Энергоатомиздат, 1991.
7. Фёдоров А.А. и Сербинский Г.В. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. М. Энергоатомиздат. 1981.
8. Неклепаев Б.Н.,Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций-М.:Энергоатомиздат, 1989.
9. Блок В.М., Обушев Г.К. и др. Пособие к курсовому и дипломному проектированию для электроэнергетических специальностей вузов. М.Высшая Школа. 1990.
- 10.Синягин Н.Н. Афанасьев Н.А. Новиков С.А. Система ППР оборудования и сетей промышленной энергетики. 1984г.
- 11.Фёдоров А.А. Справочник по электроснабжению. В двух томах. М.: Энергоатомиздат. 1986.
12. Рожкова Л.Д. Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. М.:Энергоатомиздат 1980.

					<i>ДП 2023 141</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Симочко Ю.В.</i>			Список літератури	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Мащенко О.А.</i>					100	
<i>Реценз.</i>						<i>ННІТІ ім. акад. І.С.Гулого ЗЕЛ-5-7ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Балюта С.М.</i>						

13. Федоров А.А. Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. 1987г.
14. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. 1985г.
15. Чиликин М.Г. Сандлер А.С. Общий курс электропривода. 1981г.
16. Идельчик В.И. Электрические системы и сети. 1989г.
17. Фёдоров А.А. Попов Ю.П. Эксплуатация электрооборудования промышленных предприятий. 1986 г.
18. Князевский Б.А. Трунковский Л.Е. Монтаж и эксплуатация электрооборудования промышленных электроустановок. 1984 г.

					ДП 2023 141	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		