

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту

Зав. кафедри

_____ І. Л. Лебединський

" ____ " _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Реконструкція системи електропостачання
сільськогосподарського підприємства»**

Спеціальність: 141– Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТмдн-11 Гл _____ О.І. Федосєєв

Керівник, к.т.н., ст. викл. _____ С. М. Лебедка

Консультант

з економічної частини к.ек.н., доц. _____ О.М. Маценко

Нормоконтроль _____ М.А. Никифоров

Суми-2022

Сумський державний університет

Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

електроенергетики

_____ Лебединський І.Л.

“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

до виконання магістерської роботи

Федосєєва Олександра Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Реконструкція системи електропостачання сільськогосподарського підприємства

затверджена наказом по університету № _____ від “ ____ ” _____ 20__ р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 10 грудня 2022 р.

3 Вихідні дані до роботи: установлена потужність цехів, склад цехів та категорії їх надійності, спосіб освітлення цехів, дані двигунів компресорної станції, генплан підприємства

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки: _____

визначення розрахункових навантажень цехів та підприємства, центра електричних навантажень та місця розташування головної понижувальної підстанції, вибір кількості та потужності силових трансформаторів, вибір потужності компенсуючих пристроїв у системі електропостачання підприємства, розробка схеми електропостачання підприємства, розрахунок струмів трифазного короткого замикання, вибір перерізу провідників в електричній мережі 6 кВ, вибір електричних апаратів

5. Перелік графічного матеріалу: схема живлення підприємства, схема електрична принципова

Консультанти:

Розділ	Керівник	Завдання видав	Завдання прийняв
Економічна частина	Маценко О.М.		

Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок системи електропостачання	15.10.2022	
2	Розрахунок охорони праці	20.11.2022	
3	Економічний розрахунок	25.11.2022	
4	Оформлення графічного матеріалу	01.12.2022	
5	Оформлення пояснювальної записки	05.12.2022	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

с. 67, рис. 11, табл. 41, сл. 10

Бібліографічний опис: Федосєєв О.І. Реконструкція системи електропостачання сільськогосподарського підприємства [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 - електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / О.І. Федосєєв; керівник С. М. Лебедка. - Суми: СумДУ, 2022. - 67 с.

Ключові слова: електропостачання, напруга, трансформатор;
электроснабжение, напряжение, трансформатор;
power supply, voltage, transformer.

Короткий огляд – Визначені силові електричні навантаження підприємства та навантаження освітлення. Нанесена картограма електричних навантажень на генплан підприємства, визначений центр електричних навантажень та місця розташування трансформаторних підстанцій. Обрані моделі трансформаторів головної понижувальної підстанції та цехових підстанцій з урахуванням характеру споживачів. Розраховані пристрої компенсації реактивної потужності – конденсаторні установки та обрана їх кількість та тип. Розроблена схема електропостачання підприємства – радіальна двоступенева. Проведений розрахунок струмів короткого замикання до та після трансформатора головної понижувальної підстанції для подальшого вибору електричних апаратів. Обрані марки кабельних ліній та проведена їх перевірка. Обрані вакуумні високовольтні вимикачі, ошиновка розподільного пункту, вимірювальні трансформатори струму та напруги.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ВИХІДНІ ДАНІ	9
2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХІВ ТА ПІДПРИЄМСТВА	11
2.1. Визначення розрахункового силового навантаження цехів	11
2.2. Визначення розрахункового навантаження електричного освітлення цехів	12
2.3. Визначення розрахункового навантаження компресорної станції.....	14
2.4. Визначення розрахункового навантаження підприємства.....	15
3. ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ПОНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ.....	17
4. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ 20	
4.1. Вибір кількості та потужності силових трансформаторів головної понижувальної підстанції.....	20
4.2. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій	23
5. ВИБІР ПОТУЖНОСТІ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	25
6. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	28
7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ..	31
7.1. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання на низькій стороні трансформатора.....	31
7.2. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання на високій стороні трансформатора.....	36
8. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ 6 КВ	41
8.1. Вибір перерізу провідників за нормальним режимом роботи	41
8.2. Перевірка перерізу провідників за максимальним режимом.....	42
8.3. Перевірка провідників на термічну стійкість.	44

					MP 5.8.141.303 ПЗ				
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	<i>Реконструкція системи електропостачання сільськогосподарського підприємства</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розробив</i>		<i>Федосєєв</i>							
<i>Перевірів.</i>		<i>Лебеда</i>					5	68	
<i>Реценз.</i>						СумДУ ЕТмдн-11Гл			
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>							

9. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ.....	45
9.1. Вибір високовольтних вимикачів.	45
9.2. Вибір ошиновки РП 6 кВ.	52
9.3. Вибір вимірювальних трансформаторів струм та напруги.....	54
10. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОХ РІЗНИХ СВІТИЛЬНИКІВ.....	58
11. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНОГО КОНТУРУ.....	63
ВИСНОВОК.....	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	66

ВСТУП

Системи електропостачання підприємств створюються для забезпечення електроенергією та подальшої роботи електроприймачів. Завдання електропостачання підприємств виникло одночасно з розповсюдженням електроенергії та використання електропривода в якості рушійної сили різних машин і механізмів.

Раціонально виконана сучасна СЕП підприємства повинна відповідати наступним вимогам: безпеки та зручності в експлуатації, належної надійності в роботі, бути економною, забезпечити можливості розвитку та розширення в подальшому без ускладнень, забезпечити належну якість електроенергії, рівень напруги, стабільність частоти. Реалізація даних вимог забезпечує зниження кількості електричних втрат та грошових витрат при будівництві та експлуатації.

Метою даного дипломного проекту є здобуття навичок самостійного застосування знань та інформації, отриманих при вивченні теоретичного матеріалу, освоєння та закріплення методик розрахунків, створення раціональної та економічної системи електропостачання, оволодіння теоретичними знаннями зі структури внутрішньозаводської розподільної мережі, оволодіння методиками розрахунку струмів короткого замикання та вибору електричних апаратів.

Завданням дипломної роботи є визначення навантаження цехових трансформаторних підстанцій та всього підприємства, створення системи електропостачання, розрахунок струмів короткого замикання, вибір перерізу та моделі кабельних ліній, вибір параметрів та конкретної моделі електричних апаратів, техніко-економічний розрахунок та розрахунок з охорони праці.

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата	MP 5.8.141.303 ПЗ				

1. ВИХІДНІ ДАНІ

Вихідними даними для виконання дипломного проекту є (табл. 1.1-1.7):

1. об'єкт розрахунків - сільськогосподарське підприємство;
2. склад цехів та категорії надійності їх електроприймачів;
3. установлена потужність цехів;
4. коефіцієнти попиту цехів;
5. коефіцієнти потужності цехів;
6. спосіб виконання освітлення цехів;
7. дані двигунів компресорної станції;
8. тривалість перевантаження трансформатора.
9. генплан підприємства;

Таблиця 1.1 – Склад цехів підприємства і категорія надійності їх електроприймачів.

№ цеху	Назва цеху	Категорія надійності електроприймачів
1	Тваринницький цех №1	2
2	Тваринницький цех №2	2
3	Тваринницький цех №3	2
4	Рослинницький цех №1	3
5	Рослинницький цех №2	2
6	Рослинницький цех №3	3
7	Компресорна станція	1

Таблиця 1.2 – Установлена потужність цехів.

№ цеху	1	2	3	4	5	6	7
$P_{уст}$ кВт	5600	6200	6700	6300	6500	6300	1600

Таблиця 1.3 – Коефіцієнти попиту цехів.

№ цеху	1	2	3	4	5	6	7
K_p	0,14	0,11	0,16	0,19	0,17	0,18	0,14

Таблиця 1.4 – Коефіцієнти потужності цехів.

№ цеху	1	2	3	4	5	6	7
$\cos\varphi$	0,6	0,7	0,65	0,65	0,5	0,6	0,65

					MP 5.8.141.303 ПЗ			Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата				

Таблиця 1.5 – Спосіб виконання освітлення цехів.

№ цеху	1	2	3	4	5	6	7
cosφ	ЛР	ЛЛ	ДРЛ	ЛР	ЛЛ	ДРЛ	ЛР

ЛР - Лампи розжарювання;

ЛЛ - Люмінесцентні лампи низького тиску;

ДРЛ - Дугові ртутні лампи високого тиску.

Таблиця 1.6 – Дані електродвигунів компресорної станції.

$U_{\text{ном}}$ кВ	$P_{\text{ном}}$ кВт	$n_{\text{ном}}$ об/хв	Тип	Кількість N шт
6	1000	1000	СДН – 2 -16 -36 -6	6

Таблиця 1.7 – Дані для розрахунку короткого замикання.

$U_{\text{жив}}$ кВ	$U_{\text{ном.м}}$ кВ	$I_{\text{к.с.макс}}$ кА	$U_{\text{с.макс}}$ кВ	$T_{\text{макс}}$ год
35	6	17	31	1500

Тривалість перевантаження трансформатора головної понижувальної станції – 2 години. Відношення літнього розрахункового навантаження до зимового – 0,8.

Генплан підприємства зображений на рис. 1.1, розміри дані в метрах

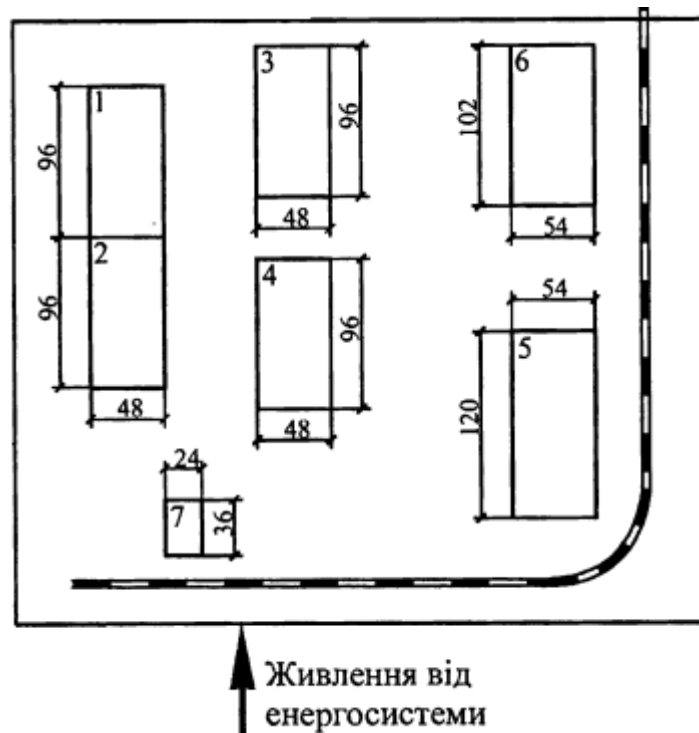


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ЦЕХІВ ТА ПІДПРИЄМСТВА

2.1. Визначення розрахункового силового навантаження цехів

Електричним навантаженням називають потужність, яку споживають окремі приймачі, або група приймачів в цілому у певний момент часу.

Точне визначення розрахункових електричних навантажень є одним із найважливіших питань при проектуванні системи електропостачання. Визначення величини розрахункових навантажень є фундаментом раціональної побудови системи електропостачання. Від величини очікуваних навантажень залежать витрати на силове обладнання системи електропостачання, витрати провідникового матеріалу, тощо.

На початковій стадії проектування електропостачання підприємства потрібно визначити його силове розрахункове навантаження. Від величини та характеру зміни навантажень залежать вибір силового електрообладнання та умови його роботи.

Обчислення розрахункового значення навантажень будемо здійснювати за допомогою метода коефіцієнта попиту. Цей метод використовується коли потрібно визначити величину максимального навантаження вузла системи на стадії проекту при невідомій потужності окремих електроприймачів. Відповідно до цього методу величини розрахункового активного та розрахункового реактивного навантажень визначають за допомогою коефіцієнта попиту та коефіцієнта потужності.[1, с.23]

Розрахункове силове активне навантаження визначається як:

$$P_{p.c} = K_n P_{уст}, кВт \quad (2.1.1)$$

де K_n - коефіцієнт попиту;

$P_{уст}$ - установлена активна потужність, кВт.

Розрахункове силове реактивне навантаження визначається як:

$$Q_{p.c} = P_{p.c} tg\varphi, кВАр \quad (2.1.2)$$

де $tg\varphi$ - відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi$.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахункове силове повне навантаження визначається за формулою:

$$S_{p.c} = \sqrt{P_{p.c}^2 + Q_{p.c}^2}, \text{кВА} \quad (2.1.3)$$

За даними формулами визначаються розрахункове силове активне, реактивне та повне навантаження кожного цеху підприємства.

Так для механічного цеху №1:

$$P_{p.c} = 0,14 \cdot 5600 = 784(\text{кВт});$$

$$Q_{p.c} = 784 \cdot 1,333 = 1045,333(\text{кВАр});$$

$$S_{p.c} = \sqrt{P_{p.c}^2 + Q_{p.c}^2} = \sqrt{784^2 + 1045,333^2} = 1306,667(\text{кВА}).$$

Розрахунок для інших цехів проводиться аналогічно. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.1.1.

Таблиця 2.1.1. – Розрахункове силове навантаження цехів.

Назва цеху	$P_{уст}$ кВт	$K_{п}$	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$	$P_{p.c}$ кВт	$Q_{p.c}$ кВАр	$S_{p.c}$ кВА
Тваринницький цех №1	5600	0,14	0,6	1,333	784	1045,333	1306,667
Тваринницький цех №2	6200	0,11	0,7	1,020	682	695,779	974,286
Тваринницький цех №3	6700	0,16	0,65	1,169	1072	1253,307	1649,231
Рослинницький цех №1	6300	0,19	0,65	1,169	1197	1399,448	1841,538
Рослинницький цех №2	6500	0,17	0,5	1,732	1105	1913,916	2210
Рослинницький цех №3	6300	0,18	0,6	1,333	1134	1512	1890
Компресорна станція	1600	0,14	0,65	1,169	224	261,885	344,615
Усього					6198	8081,669	10184,72

Визначення розрахункового навантаження електричного освітлення цехів

До 10% споживаної енергії промислового підприємства приходить на мережу освітлення. Розрахунок електричного навантаження в подальшому використовується для вибору освітлювального електроустаткування та розрахунку освітлювальних мереж. За допомогою методу коефіцієнта попиту також знаходимо розрахункове навантаження мережі освітлення. Але перед цим необхідно знайти установлене активне навантаження приладів освітлення.

Установлене активне навантаження приладів освітлення визначається за формулою:[1, с.26]

$$P_{уст.о} = k p_{н.о} F \cdot 10^{-3}, \text{кВт} \quad (2.2.1)$$

де k - коефіцієнт, що враховує потужність пускових приладів залежно від

джерела світла (для ламп розжарювання приймається $k = 1$; для ламп типу ДРЛ $k = 1,1$; для ЛЛ низького тиску стартерних $k = 1,2$, безстартерних $k = 1,35$);

$p_{н.о}$ - питоме навантаження загального освітлення, Вт/м²;

F - площа цеху, що підлягає освітленню, м².

Розрахункове активне навантаження загального освітлення *визначається так:*

$$P_{p.o} = K_{н.о} P_{уст.о}, \text{кВт} \quad (2.2.2)$$

де $K_{н.о}$ - коефіцієнт попиту загального освітлення.

У дипломній роботі приймаємо, що $K_{н.о} = 0,95$ незалежно від виду джерела світла.

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення визначається за формулою:

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \operatorname{tg} \varphi, \text{кВАр} \quad (2.2.3)$$

де $\operatorname{tg} \varphi$ - відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi$ залежно від типу джерела світла.

Розрахункове повне навантаження загального освітлення визначається за формулою:

$$S_{p.o} = \sqrt{P_{p.o}^2 + Q_{p.o}^2}, \text{кВА} \quad (2.2.4)$$

За даними формулами визначаються установлене активне навантаження, розрахункові активне, реактивне та повне навантаження загального освітлення кожного цеху підприємства.

Так для механічного цеху №1:

$$P_{уст.о} = 1 \cdot 14 \cdot 4608 \cdot 10^{-3} = 64,512 (\text{кВт});$$

$$P_{p.o} = 0,95 \cdot 64,512 = 61,286 (\text{кВт});$$

$$Q_{p.o} = 61,286 \cdot 0 = 0 (\text{кВАр});$$

$$S_{p.o} = \sqrt{61,286^2 + 0^2} = 61,286 (\text{кВА}).$$

Розрахунок освітлення для інших цехів проводиться аналогічно.

Результати розрахунку наведені в таблиці 2.2.1.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

Таблиця 2.2.1. – Розрахункове силове навантаження цехів.

Назва цеху	Площа цеху F м ²	Тип ламп	P _{п.о} Вт/м ²	P _{уст.о} кВт	P _{р.о} кВт	Q _{р.о} кВАр	S _{р.о} кВА
Тваринницький цех №1	4608	ЛР	14	64,512	61,286	0	61,286
Тваринницький цех №2	4608	ЛЛ	12	66,355	63,037	20,719	66,355
Тваринницький цех №3	4608	ДРЛ	15	76,032	72,230	125,107	144,461
Рослинницький цех №1	4608	ЛР	15	69,12	65,664	0	65,664
Рослинницький цех №2	6480	ЛЛ	14	108,864	103,421	33,993	108,864
Рослинницький цех №3	5508	ДРЛ	15	90,882	86,338	149,542	172,676
Компресорна станція	864	ЛР	17	14,688	13,954	0	13,954
Усього				490,453	465,931	329,361	570,587

2.1. Визначення розрахункового навантаження компресорної станції

Компресор – це машина, що призначена для стиснення та переміщення (подачі) повітря повітропроводами. Стиснуте повітря широко застосовується як на будівництві, так і в експлуатації промислових підприємств.

Компресорні машини за принципом роботи поділяється на поршневі, ротаційні та відцентрові (турбокомпресори). Для компресорів використовуються синхронні двигуни або асинхронні двигуни.[1, с.28]

Кількість робочих ЕД обчислюється за формулою:

$$N_p = N - 2 \quad (2.3.1)$$

де N – задана кількість ЕД. шт.;

2 – кількість резервних ЕД.

Розрахункова активна потужність СД:

$$P_{р.СД} = N_p \beta_{СД} P_{ном.СД}, кВт \quad (2.3.2)$$

де $\beta_{СД}$ – коефіцієнт завантаження СД активною потужністю, приймається $\beta_{СД}=0,8$;

$P_{ном.СД}$ – номінальна активна потужність СД, кВт.

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{р.СД} = P_{р.СД} tg \varphi_{ном.СД}, кВАр \quad (2.3.3)$$

де $tg \varphi_{ном.СД}$ – відповідає значенню номінального коефіцієнта потужності, який є випереджальним і приймається для всіх типів СД $cos \varphi_{ном.СД} = 0,9$.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

Так для заданої компресерної станції:

$$N_p = 6 - 2 = 4(\text{шт})$$

$$P_{p.cд} = 4 \cdot 0,8 \cdot 1000 = 3200(\text{кВт})$$

$$Q_{p.cд} = 3200 \cdot 0,484 = 1549,831(\text{кВАр})$$

2.2. Визначення розрахункового навантаження підприємства

Визначення розрахункового навантаження усього підприємства необхідне в подальшому для вибору потужності та серії трансформаторів ГПП, вибору потужності та серії трансформаторів цехових підстанцій, розрахунку компенсуючих установок, розрахунку струмів трифазного короткого замикання, вибору електричного устаткування.

Загальне розрахункове активне навантаження цеху:

$$P_{p.ц} = P_{p.c} + P_{p.o}, \text{кВт} \quad (2.4.1)$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження цеху:

$$Q_{p.ц} = Q_{p.c} + Q_{p.o}, \text{кВАр} \quad (2.4.2)$$

Загальне розрахункове повне навантаження цеху:

$$S_{p.ц} = \sqrt{P_{p.ц}^2 + Q_{p.ц}^2}, \text{кВА} \quad (2.4.3)$$

За даними формулами визначаються загальне розрахункове активне, реактивне та загальне повне навантаження кожного цеху підприємства.

Так для механічного цеху №1:

$$P_{p.ц} = 784 + 61,286 = 845,286(\text{кВт})$$

$$Q_{p.ц} = 1045,333 + 0 = 1045,333(\text{кВАр})$$

$$S_{p.ц} = \sqrt{845,286^2 + 1045,333^2} = 1344,333(\text{кВА})$$

Розрахунок для інших цехів проводиться аналогічно. Результати розрахунку наведені в таблиці 2.4.1.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4.1 – Розрахункове навантаження підприємства.

Назва цеху	$P_{p.ц}$ кВт	$Q_{p.ц}$ кВАр	$S_{p.ц}$ кВА
Тваринницький цех №1	845,286	1045,333	1344,333
Тваринницький цех №2	745,037	716,499	1033,659
Тваринницький цех №3	1144,23	1378,414	1791,448
Рослинницький цех №1	1262,664	1399,448	1884,881
Рослинницький цех №2	1208,421	1947,909	2292,298
Рослинницький цех №3	1220,338	1661,542	2061,54
Компресорна станція	237,954	261,885	353,844
Компресорна станція СД	3200	-1549,83	3555,556
Усього	9863,931	6861,198	12015,539
Усього у врахуванням $K_0=0,9$	8877,537	6175,079	10813,985

3. ВИЗНАЧЕННЯ ЦЕНТРА ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА МІСЦЯ РОЗТАШУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ПОНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Для побудови раціональної системи електропостачання підприємства велике значення має правильне розміщення трансформаторних підстанцій для живлення споживачів та приймачів, а також визначення їх кількості. Підстанції всіх потужностей повинні відповідати підключеним до них електричним навантаженням. Це забезпечує найкращі техніко-економічні показники СЕП за витратою електроенергії та провідникових матеріалів.

Для визначення найбільш вигідного варіанта розташування знижувальних підстанцій і джерел живлення підприємств складається картограма електричних навантажень, що являє собою план, на якому зображені місця розподілу навантажень приймачів і споживачів електричної енергії у вигляді геометричних. Картограму навантажень будують на генеральному плані підприємства, а також на плані цеху виробництва підприємства. Геометричне розташування розподілу навантажень на плані виконують різними способами. Найбільш простий і поширений спосіб зображення концентрації навантажень у вигляді електричних кіл, радіуси яких, з урахуванням масштабу, відповідають розрахунковим електричним навантаженням. Центр кожного електричного кола повинен співпадати з центром електричних навантажень для кожного цеху підприємства. Ця умова забезпечує найкращі техніко-економічні показники витрат електричної енергії для цеху.[2, с.45-46]

Площа кола в прийнятому масштабі m дорівнює повному розрахунковому навантаженню цеху: [1, с.34]

$$S_{p.ц} = \pi r_{ц}^2 m, \text{кВА} \quad (3.1)$$

де $S_{p.ц}$ – розрахункове повне навантаження цеху, кВА;

$r_{ц}$ – радіус кола цеху, мм;

m – масштаб, кВА/мм².

Радіус кола з цього виразу:

$$r_{ц} = \sqrt{\frac{S_{p.ц}}{\pi m}}, \text{мм} \quad (3.2)$$

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

Так для механічного цеху №1 при прийнятому масштабі $m = 2\text{кВА/мм}^2$:

$$r_{ц} = \sqrt{\frac{1344,333}{3,14 \cdot 2}} = 14,63(\text{мм})$$

Аналогічні розрахунки для інших цехів наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Координати та радіуси кіл.

Назва цеху	X	Y	r
Тваринницький цех №1	30	153,5	14,63
Тваринницький цех №2	30	105	12,83
Тваринницький цех №3	109	166	16,89
Рослинницький цех №1	109	88,5	17,32
Рослинницький цех №2	187,5	75	19,10
Рослинницький цех №3	187,5	165	18,11
Компресорна станція	60	39	7,50

Координати ЦЕН визначаються за формулами: [1, с. 36]

$$X_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{p,ц} X_{ц,i}}{\sum_{i=1}^n S_{p,ц}} \quad (3.3)$$

$$Y_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{p,ц} Y_{ц,i}}{\sum_{i=1}^n S_{p,ц}} \quad (3.4)$$

де $X_{ц,i}$, $Y_{ц,i}$ – координати ЦЕН i -го цеху.

Відповідно до заданих значень:

$$X_{ц} = \frac{1344,333 \cdot 30 + 1033,659 \cdot 30 + 1791,448 \cdot 109 + 1884,881 \cdot 109}{1344,333 + 1033,659 + 1791,448 + 1884,881 + 2292,298 + 2061,54 + 353,844 + 3555,556} + \frac{2292,298 \cdot 187,5 + 2061,54 \cdot 187,5 + (353,844 + 3555,556) \cdot 60}{1344,333 + 1033,659 + 1791,448 + 1884,881 + 2292,298 + 2061,54 + 353,844 + 3555,556} = 106,37$$

$$Y_{ц} = \frac{1344,333 \cdot 153,5 + 1033,659 \cdot 105 + 1791,448 \cdot 166 + 1884,881 \cdot 88,5}{1344,333 + 1033,659 + 1791,448 + 1884,881 + 2292,298 + 2061,54 + 353,844 + 3555,556} + \frac{2292,298 \cdot 75 + 2061,54 \cdot 166 + (353,844 + 3555,556) \cdot 39}{1344,333 + 1033,659 + 1791,448 + 1884,881 + 2292,298 + 2061,54 + 353,844 + 3555,556} = 100,97$$

Наносимо визначений центр навантажень, картограму навантажень, місце розміщення трансформаторних підстанцій та кабельних ліній на генплан підприємства (рис.3.1).

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

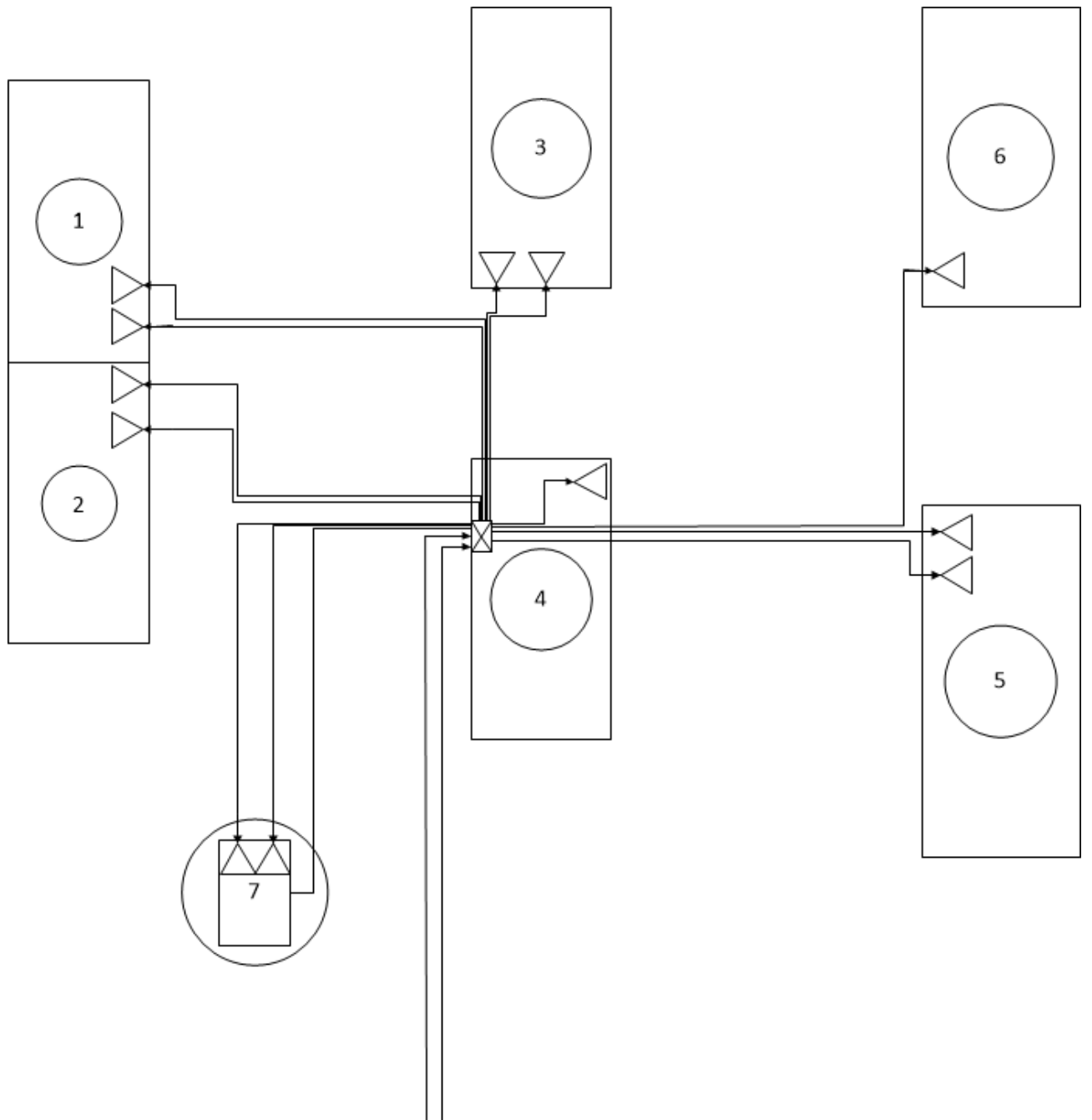


Рисунок 3.1 – Генплан підприємства з картограмою навантажень, центром електричних навантажень, цеховими трансформаторними підстанціями та кабельними лініями.

4. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

4.1. Вибір кількості та потужності силових трансформаторів головної понижувальної підстанції

Головна понижувальна підстанція – трансформаторна підстанція з первинною напругою 35 – 220 кВ, яка живиться від енергосистеми та розподіляє електроенергію при напрузі 6 – 10 кВ.[1, с.39]

Трансформаторна підстанція - електрична підстанція, призначена для трансформування електричної енергії [6].

Електрична підстанція - електроустановка, призначена для приймання, перетворювання та розподілення електричної енергії, складена з трансформаторів чи інших перетворювачів електричної енергії, розподільчих та керувальних установок і допоміжних пристроїв[6].

При виборі числа и потужності силових трансформаторів важливими критеріями є надійність електропостачання, споживана потужність та здатність до перевантажень.

Однотрансформаторні ГПП допустимі лише за наявності централізованого резерву трансформаторів, при поетапному будівництві і застосовуються дуже рідко(для ЕП 3-ї категорії надійності).

Найбільш часто ГПП промислових підприємств виконують двотрансформаторними (для ЕП 1-ї та 2-ї категорії надійності, а також за наявності нерівномірного графіка навантаження).[1, с.39]

Для живлення даного підприємства обираємо двотрансформаторну підстанцію.

Номинальна потужність трансформаторів ГПП визначається як: [1, с.39]

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{e.n}^2} \quad (4.1.1)$$

де $P_{p.n}$ – розрахункова активна потужність підприємства, кВт;

$Q_{e.n}$ – економічна реактивна потужність підприємства, що споживається з мережі енергосистеми, кВАр.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

При проектуванні величину економічної реактивної потужності доцільно визначити за формулою:

$$Q_{e.n} = 0,25P_{p.n} \quad (4.1.2)$$

Величина економічної реактивної потужності зумовлюється тим, що згідно з “Методикою обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії”[3], щоб значення надбавки за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності дорівнювала нулю, значення $\text{tg}\varphi \leq 0,25$, що відповідає економічному режиму роботи з $\cos\varphi = 0,97$.

Якщо на підприємстві не передбачається подальша компенсація реактивної потужності, то значення реактивної потужності обирається за результатами обчислення розрахункового навантаження підприємства.

Відповідно, номінальна потужність ГПП з економічною розрахунковою реактивною потужністю:

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.5}^2 + Q_{e.5}^2} = \sqrt{8877,537^2 + (0,25 \cdot 8877,537)^2} = 9150,756(\text{кВА})$$

та з розрахунковою реактивною потужністю:

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{p.n}^2} = \sqrt{8877,537^2 + 6175,079^2} = 10813,985(\text{кВА})$$

Якщо на ГПП два трансформатори, то номінальна потужність кожного з них має відповідати двом умовам.

По-перше, номінальна потужність одного з них не повинна бути менше половини розрахункового повного навантаження, тому що в разі аварійного вимикання одного з трансформаторів релейним захистом і автоматичного вмикання секційного вимикача пристроєм автоматичного вмикання резерву у розподільному пристрої НН інший трансформатор бере на себе все навантаження підстанції. Тоді цю умову можна записати так:[1, с.40]

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{p.n}}{2} \quad (4.1.3)$$

При виконанні цієї умови аварійне перевантаження не перевищить допустимого двократного перевантаження для трансформаторів з системами охолодження М і Д протягом 0,5 – 1 години залежно від температури повітря

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

відповідно до ГОСТ 14209-85[4]. За цей час можуть бути вжиті заходи для обмеження перевантаження трансформатора до допустимої величини в післяаварійному режимі протягом кількох діб, які необхідні для відновлення нормального режиму роботи підстанції.[1, с.40-41]

По-друге перевіряється умова надійної роботи трансформатора для зимових та літніх температур повітря при відповідних навантаженнях:[1, с.41]

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_{р.н}}{K_{2ав.з}} \quad (4.1.4)$$

$$S_{ном.т} \geq \frac{KS_{р.н}}{K_{2ав.л}} \quad (4.1.5)$$

Де $K_{2ав.з}$ – коефіцієнт, який визначає величину допустимого аварійного перевантаження в зимовий період;

$K_{2ав.л}$ – коефіцієнт, який визначає величину допустимого аварійного перевантаження в літній період;

K – коефіцієнт відношення літнього розрахункового навантаження до зимового.

Величини коефіцієнтів $K_{2ав.з}$ та $K_{2ав.л}$ знаходять у довідкових таблицях.

Значення коефіцієнтів беруться при температурі навколишнього середовища -10 та 30°C.

Відповідно, перевірка кожного трансформатора ГПП за двома умовами для вибору трансформатора за економічною реактивною потужністю потужністю:

$$S_{ном.т} \geq \frac{9150,756}{2} = 4575,378(\kappa BA)$$

$$S_{ном.т} \geq \frac{0,8 \cdot 9150,756}{1,6} = 4575,378(\kappa BA)$$

та за розрахунковою реактивною потужністю:

$$S_{ном.т} \geq \frac{10813,985}{2} = 5406,993(\kappa BA)$$

$$S_{ном.т} \geq \frac{0,8 \cdot 10813,985}{1,6} = 5406,993(\kappa BA)$$

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

В обох випадках остаточно обираємо два трансформатори типу ТМН – 6300/35.

Таблиця 4.1.1 – Технічні дані трансформаторів головної понижувальної підстанції.[5]

Тип	Номінальна потужність, кВА	Напруга, кВ		Втрати		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМН-6300/35	6300	35	6,3	7	46,5	7,5	0,8

4.2. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехових трансформаторних підстанцій

При виборі кількості та потужності трансформаторів цехових підстанцій враховують наступні чинники: навантажувальну спроможність трансформаторів в нормальних та аварійних режимах, категорію надійності електропостачання приймачів.

Стандартну номінальну потужність трансформаторів цехових підстанцій обирають за формулою:

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{S_{нав}}{N \beta_m} \quad (4.2.1)$$

де $S_{ном.т.р}$ – повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

$S_{нав}$ – розрахункове повне навантаження цеху;

N – кількість трансформаторів ПС;

β_m – коефіцієнт завантаження трансформатора цехової ПС.

Рекомендується приймати такі коефіцієнти завантаження трансформаторів:

1) за перевагою ЕП 1-ї категорії надійності для двотрансформаторних ПС $\beta_T = 0,65-0,7$;

2) за перевагою ЕП 2-ї категорії надійності для двотрансформаторних ПС $\beta_T = 0,8$;

3) за перевагою ЕП 3-ї категорії надійності для однострансформаторних ПС $\beta_T = 0,9-0,95$ [1, с.47].

Для механічного цеху №1 потужність трансформаторів цехової ПС становить:

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

$$S_{ном.т} \geq S_{ном.т.р} = \frac{1344,333}{2 \cdot 0,8} = 840,208(\text{кВА})$$

Згідно з розрахунками для механічного цеху №1 вибираються два трансформатори типу ТМ-630/6.[7]

Аналогічно розрахунки для потужності інших цехових ПС наведені в таблиці 4.2.1.

Таблиця 4.2.1 – Вибір потужності, кількості, типу трансформаторів цехових підстанцій.

Назва цеху	Sp.ц кВА	N шт	β_T в.о	$S_{ном.тр}$ кВА	Трансформатор
Тваринницький цех №1	1344,333	2	0,8	840,208	ТМ-1000/6
Тваринницький цех №2	1033,659	2	0,8	646,037	ТМ-1000/6
Тваринницький цех №3	1791,448	2	0,8	1119,655	ТМ-1600/6
Рослинницький цех №1	1884,881	1	0,9	2094,312	ТМ-2500/6
Рослинницький цех №2	2292,298	2	0,8	1432,686	ТМ-1600/6
Рослинницький цех №3	2061,540	1	0,9	2290,599	ТМ-2500/6
Компресорна станція	353,844	2	0,65	272,188	ТМ-400/6

5. ВИБІР ПОТУЖНОСТІ КОМПЕНСУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ У СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Поліпшення енергетичних показників системи електропостачання і, як наслідок, підвищення коефіцієнта потужності промислового підприємства можна досягти лише при правильному поєднанні різних способів, кожний з яких повинен бути технічно і економічно обґрунтований. Заходи щодо зменшення споживання реактивної потужності можна розділити на наступні групи:

- а) організаційні - без вживання компенсуючих пристроїв;
- б) спеціальні - вживання компенсуючих пристроїв.

Організаційні заходи щодо зменшення споживання приймачами реактивної потужності повинні розглядатися в першу чергу, оскільки для їх здійснення, як правило, не вимагається значних капітальних витрат. До них відносяться наступні:

- 1) впорядкування технологічного процесу, що веде до поліпшення енергетичного режиму устаткування;
- 2) заміна мало завантажених асинхронних двигунів двигунами меншої потужності;
- 3) зниження напруги біля двигунів, що систематично працюють з малим завантаженням;
- 4) обмеження холостої роботи двигунів;
- 5) вживання синхронних двигунів замість асинхронних у випадках, коли це можливо за умов технологічного процесу;
- 6) підвищення якості ремонту двигунів;
- 7) заміна мало завантажених трансформаторів. [10, с.63-64]

В даному проекті промислового підприємства мною пропонується компенсувати реактивну потужність за допомогою конденсаторних установок.

В порівнянні з іншими засобами компенсації реактивної потужності (синхронні двигуни, синхронні компенсатори) конденсаторні установки мають низку переваг, а саме:

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

- Порівняно невисокі капітальні витрати;
- Відносно малі значення активних втрат;
- Відсутність частин, що обертаються або труться;
- Простота монтажу;
- Простота експлуатації;
- Можливість збільшення або зменшення встановленої потужності завдяки зміні кількості підключених конденсаторів;
- Можливість підключення в будь-якій точці мережі;
- Збереження функціонування конденсаторної установки після виходу з ладу одного або кількох конденсаторів;
- Безшумність роботи.[8, с.384-385]

Потужність компенсуючих пристроїв підприємства визначається як: [1, с.50]

$$Q_{к.п} = Q_{р.п} - Q_{е.п}, \text{кВАр} \quad (5.1)$$

Де $Q_{р.п}$ – розрахункова реактивна потужність підприємства, кВАр;

$Q_{е.п}$ – економічна реактивна потужність при $\cos\varphi = 0,97$, кВАр.

$$Q_{к.п} = 6175,079 - (0,25 \cdot 8877,537) = 3955,694(\text{кВАр})$$

Для компенсації реактивної потужності обираємо конденсаторні установки типу УКРМ[9]. Обрані наступні моделі установок та їх кількість: 2 установки УКРМ 0,4 400/10 кВАр для ТП1, 2 установки УКРМ 0,4 400/10 кВАр для ТП3, 1 установка УКРМ 0,4 400/10 кВАр для ТП4, 4 установки УКРМ 0,4 400/10 кВАр для ТП5, 2 установки УКРМ 0,4 200/10 кВАр для ТП6.

Технічні дані даних установок наведені в таблицях 5.1 та 5.2.

Таблиця 5.1 – Технічні дані УКРМ 0,4 200/10 кВАр

Номінальна потужність, кВАр	200
Номінальна напруга, В	400
Набір конденсаторних батарей	3*50+20+20+10
Номінальний струм, А	400
Потужність мінімальної ступені, кВАр	10
Кількість ступеней конденсаторної установки	6

Таблиця 5.2 - Технічні дані УКРМ 0,4 400/10 кВАр

Номінальна потужність, кВАр	400
Номінальна напруга, В	400
Набір конденсаторних батарей	7*50+20+20+10
Номінальний струм, А	800
Потужність мінімальної ступені, кВАр	10
Кількість ступеней конденсаторної установки	10

6. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

Схема внутрішнього розподілу електричної енергії промислового підприємства може бути виконана за типовими радіальною, магістральною та змішаними схемами. Вибір тієї чи іншої схеми залежить від багатьох факторів, наприклад: категорії електроприймачів, місце розміщення, напруги електроприймачів, тощо. Незважаючи на різноманітну кількість конструктивних рішень при побудові схеми електропостачання, вона повинна задовольняти наступним вимогам:

Забезпечення надійного електропостачання в нормальному та після аварійних режимах роботи;

Забезпечувати надійність електропостачання, відповідно до категорій електроприймачів, що живляться;

Задовольняти принципам економічності;

Можливість подальшого розширення підстанції без корінної реконструкції.

Найбільш типовими для внутрішнього електропостачання є магістральні та радіальні схеми.

Магістральна схема забезпечує почергове підключення ТП і РП та є більш поширеною за їх компактно улаштованого розміщення на території підприємства.

Радіальна схема передбачає передавання електроенергії від головного розподільного пункту до кожної цехової ТП або силового електроприймача окремими ЛЕП без відгалужень для живлення інших електроприймачів. Таку схему використовують переважно для електропостачання відповідальних і потужних електроприймачів. Недоліками цієї схеми є необхідність використання значно більшої, ніж у магістральній, кількості електричних апаратів і збільшення загальної довжини ЛЕП підприємства. [8, с.250]

Враховуючи наявність електроприймачів I та II категорій, доцільність застосування окремого РП на компресорній станції та те, що навантаження розташовані в різних напрямках від головної понижувальної підстанції то в

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

якості схеми внутрішнього електропостачання мною пропонується двоступенева радіальна схема(рисунок 6.1).

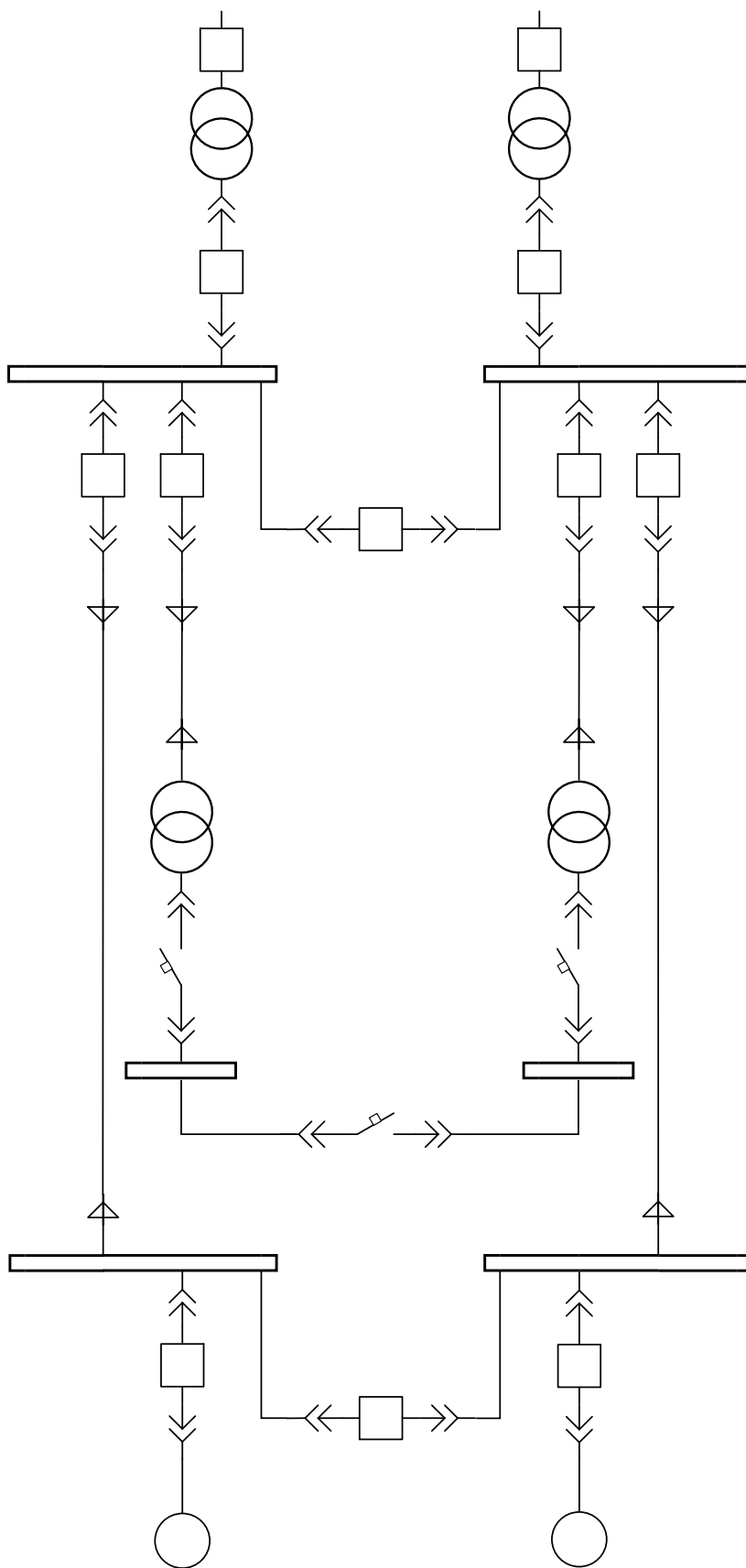


Рисунок 6.1 – Двоступенева радіальна схема

У даній схемі здійснюється радіальне живлення цехових підстанцій від різних секцій РП окремими лініями для кожного трансформатора з подальшим резервуванням по низькій стороні. Живлення синхронних двигунів здійснюється від другої секції РП.

					<i>MP 5.8.141.303 ПЗ</i>	Арк
	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

7. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ ТРИФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Розрахунок струмів трифазного КЗ необхідний для вибору струмопровідних частин та електричних апаратів підстанції, а також для розрахунку релейного захисту.

Для перевірки струмопровідних частин та вибору апаратів знаходять значення струмів трифазного короткого замикання в максимальному режимі, ударного струму короткого замикання, та інтеграл Джоуля, для релейного захисту обчислюють значення несиметричних КЗ в максимальному і мінімальному режимах. Так як в даній роботі розрахунок релейного захисту не виконується, то визначається лише діюче значення періодичної складової струму в початковий момент часу.

Розрахунок струмів КЗ починається з складання розрахункової схеми. До розрахункової схеми повинні входити всі ті елементи, через які протікає струм КЗ: генератор або система, силовий трансформатор, навантаження, шини, двигуни, кабельні лінії. У дипломній роботі виконується розрахунок струмів у максимальному режимі, який досягається за умови, коли в мережі один з трансформаторів ГПП вимкнений, а секційний вимикач – ввімкнений, усі робочі двигуни працюють.

7.1. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання на низькій стороні трансформатора

На рисунку 7.1.1 наведена розрахункова схема підприємства для максимального режиму, а на рисунку 7.1.2 наведена схема заміщення для максимального режиму.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

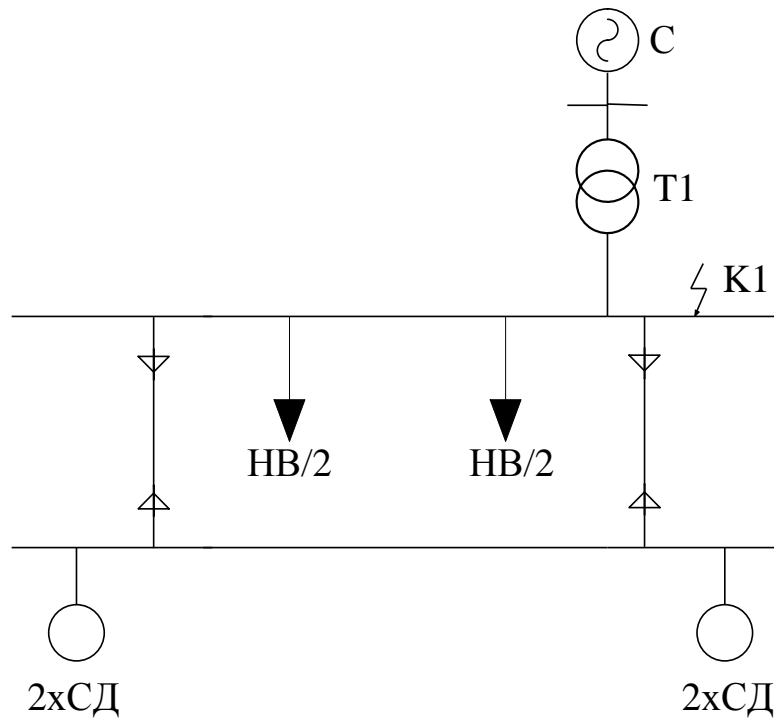


Рисунок 7.1.1 – розрахункова схема для максимального режиму.
 На рисунку 7.1.2 наведена схема заміщення для максимального режиму.

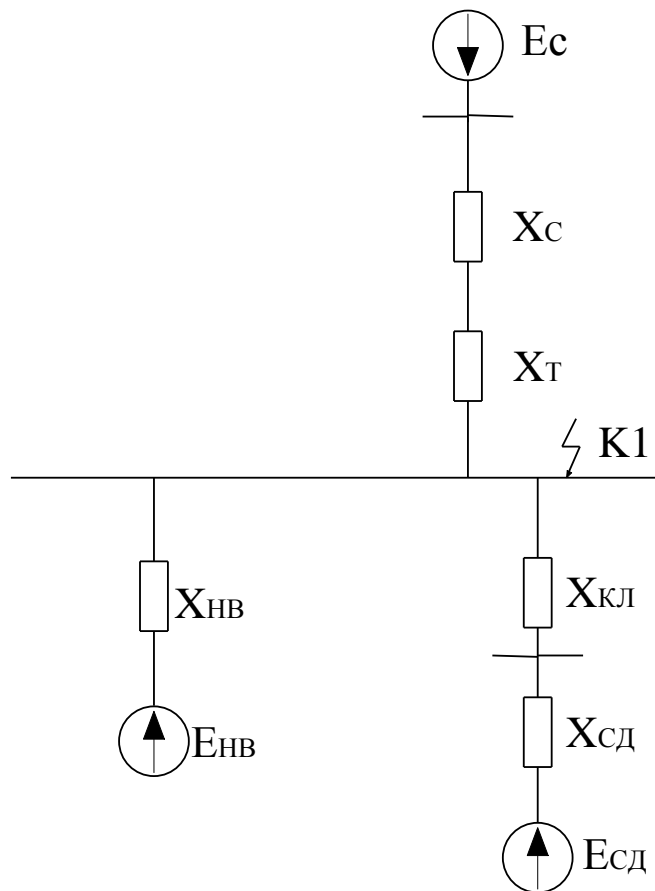


Рисунок 7.1.2 – схема заміщення для максимального режиму.

Розрахунок струмів трифазного короткого замикання будемо виконувати в іменованих одиницях при точному зведенні. [1, с.81-84]

Визначається величина номінальної напруги обмотки ВН трансформатора в максимальному режимі при роботі на крайньому відгалуженні регульованої обмотки “-РО”. [5]

$$U_{ном.ВН}^{-PO} = (1 - \Delta U_{* РПН}) U_{ном.ВН}, \text{кВ} \quad (7.1.1)$$

де $\Delta U_{* РПН} = \frac{\Delta U_{РПН}(\%)}{100}$ – відносна максимальна величина діапазону РПН в

один із боків від середнього відгалуження регульованої обмотки.

$$U_{ном.ВН}^{-PO} = (1 - 0,1) \cdot 35 = 31,5(\text{кВ})$$

З урахуванням того що за основний ступінь прийнятий ступінь 2, коефіцієнт трансформації трансформатора ГПП у максимальному режимі визначається як:

$$K_m = \frac{U_{ном.НН}}{U_{ном.ВН}^{-PO}} \quad (7.1.2)$$

ЕРС та опір системи визначаються за формулами:

$$E_{c(\phi)} = U_{с.макс} K_m \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}, \text{кВ} \quad (7.1.3)$$

$$X_c = \frac{U_{с.макс}}{\sqrt{3} I_{к.с.макс(0)}} K_m^2, \text{Ом} \quad (7.1.4)$$

$$E_{c(\phi)} = 31 \cdot 0,2 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 3,584(\text{кВ})$$

$$X_c = \frac{31}{\sqrt{3} \cdot 17} \cdot 0,2^2 = 0,0422(\text{Ом})$$

Індуктивний опір трансформатора розраховується за даною формулою:

$$X_m = \frac{u_k^{-PO} U_{ном.НН}^2}{100 S_{ном.м}}, \text{Ом} \quad (7.1.5)$$

$$X_m = \frac{6,9 \cdot 6,3^2}{100 \cdot 6,3} = 0,435(\text{Ом})$$

Параметри кабелю для схеми заміщення:

$$X_k = x_0 l, \text{Ом} \quad (7.1.6)$$

$$X_{к.л} = \frac{X_k}{2}, \text{Ом} \quad (7.1.7)$$

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

$$X_{\kappa} = 0,316 \cdot 0,08 = 0,0253(\text{Ом})$$

$$X_{\kappa.l} = \frac{0,0253}{2} = 0,0126(\text{Ом})$$

ЕРС СД для попереднього номінального режиму їх роботи та опір розраховують за наступними формулами:

$$E_{* \text{СД}0(\text{ном})}'' = \sqrt{(U_{* 0(\text{ном})}'' \cos \varphi_0)^2 + (U_{* 0(\text{ном})}'' \sin \varphi_0 + I_{* 0(\text{ном})}'' X_{* d(\text{ном})}'')^2} \quad (7.1.8)$$

$$E_{\text{СД}(\varphi)}'' = E_{* \text{СД}0(\text{ном})}'' U_{\text{ном.СД}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \text{кВ} \quad (7.1.9)$$

$$X_{\text{СД.е}}'' = X_{* d(\text{ном})}'' \frac{U_{\text{ном.СД}}^2 \cos \varphi_{\text{ном.СД}} \eta_{\text{ном.СД}}}{N_p P_{\text{ном.СД}} \cdot 10^{-3}}, \text{Ом} \quad (7.1.10)$$

$$E_{* \text{СД}0(\text{ном})}'' = \sqrt{(1 \cdot 0,9)^2 + (1 \cdot 0,436 + 1 \cdot 0,182)^2} = 1,0918$$

$$E_{\text{СД}(\varphi)}'' = 1,0918 \cdot 6 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 3,782(\text{кВ})$$

$$X_{\text{СД.е}}'' = 0,182 \cdot \frac{6^2 \cdot 0,9 \cdot 0,955}{4 \cdot 1000 \cdot 10^{-3}} = 1,408(\text{Ом})$$

Параметри узагальненого навантаження розраховують за формулами:

$$E_{\text{нв}(\varphi)}'' = E_{* \text{нв}}'' U_{\text{ном.сер}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} \text{кВ} \quad (7.1.11)$$

$$X_{\text{нв}}'' = X_{* \text{нв}}'' \frac{U_{\text{ном.сер}}^2}{S_{\text{нв}}}, \text{Ом} \quad (7.1.12)$$

$$E_{\text{нв}(\varphi)}'' = 0,85 \cdot 6,3 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 3,0917(\text{кВ})$$

$$X_{\text{нв}}'' = 0,35 \cdot \frac{6,3^2}{9,658} = 1,438(\text{Ом})$$

Перетворимо схему заміщення до елементарного вигляду відносно точки короткого замикання(рис. 7.2.3).

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

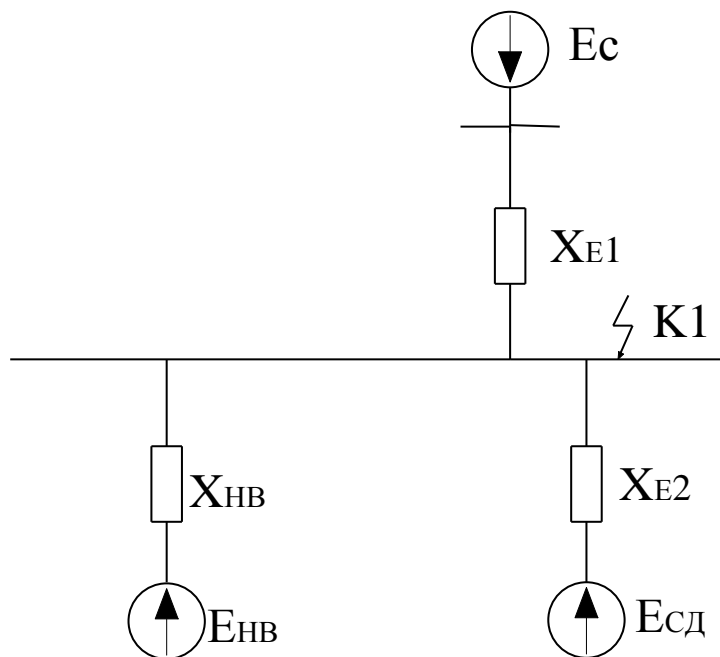


Рисунок 7.2.3 – Перетворена схема заміщення.

$$X_{e.1} = X_c + X_{m,Om} \quad (7.1.13)$$

$$X_{e.2} = X_{CD,e}'' + X_{к.л,Om} \quad (7.1.14)$$

$$X_{e.1} = 0,0422 + 0,435 = 0,477(Ом)$$

$$X_{e.2} = 0,0126 + 1,408 = 1,421(Ом)$$

Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент у точці К1.

$$I_{n(0)} = I_{к.с(0)}'' + I_{CD(0)}'' + I_{нв(0)}'' = \frac{E_{c(\phi)}''}{X_{e.1}} + \frac{E_{CD}}{X_{e.2}} + \frac{E_{нв}}{X_{нв}}'', кА \quad (7.1.15)$$

$$I_{n(0)} = \frac{3,584}{0,477} + \frac{3,782}{1,421} + \frac{3,0917}{1,438} = 12,325(кА)$$

Ударний струм К.З. визначається за наступною формулою:

$$i_y = \sqrt{2}(K_{y.c} I_{к.с(0)}'' + K_{y.CD} I_{CD(0)}'' + K_{y.нв} I_{нв(0)}''), кА \quad (7.1.16)$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot (1,8 \cdot 7,511 + 1,9 \cdot 2,662 + 1 \cdot 2,15) = 29,313(кА)$$

Аперіодична складова струму К.З. визначається за наступною формулою[11, с.22]:

$$i_a = \sqrt{2} \cdot I_K \cdot e^{-\frac{t}{T_a}}, кА \quad (7.1.17)$$

Де I_K – періодична складова струму короткого замикання;

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

T_a – постійна часу згасання аперіодичної складової ($T_a = 0,05$ с);

t – час вимкнення лінії ($t = 0,2$ с).

$$i_a = \sqrt{2} \cdot 12,325 \cdot e^{-\frac{0,2}{0,05}} = 0,319 (\text{кА})$$

Інтеграл Джоуля в даній точці [11, с.22]:

$$B_R = I_K^2 (t + T_a), \text{кА}^2 \text{с}$$

$$B_R = 12,325^2 \cdot (0,2 + 0,05) = 37,976 (\text{кА}^2 \text{с})$$

7.2. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання на високій стороні трансформатора

На рисунку 7.2.1 наведена розрахункова схема підприємства для максимального режиму, а на рисунку 7.2.2 наведена схема заміщення для максимального режиму.

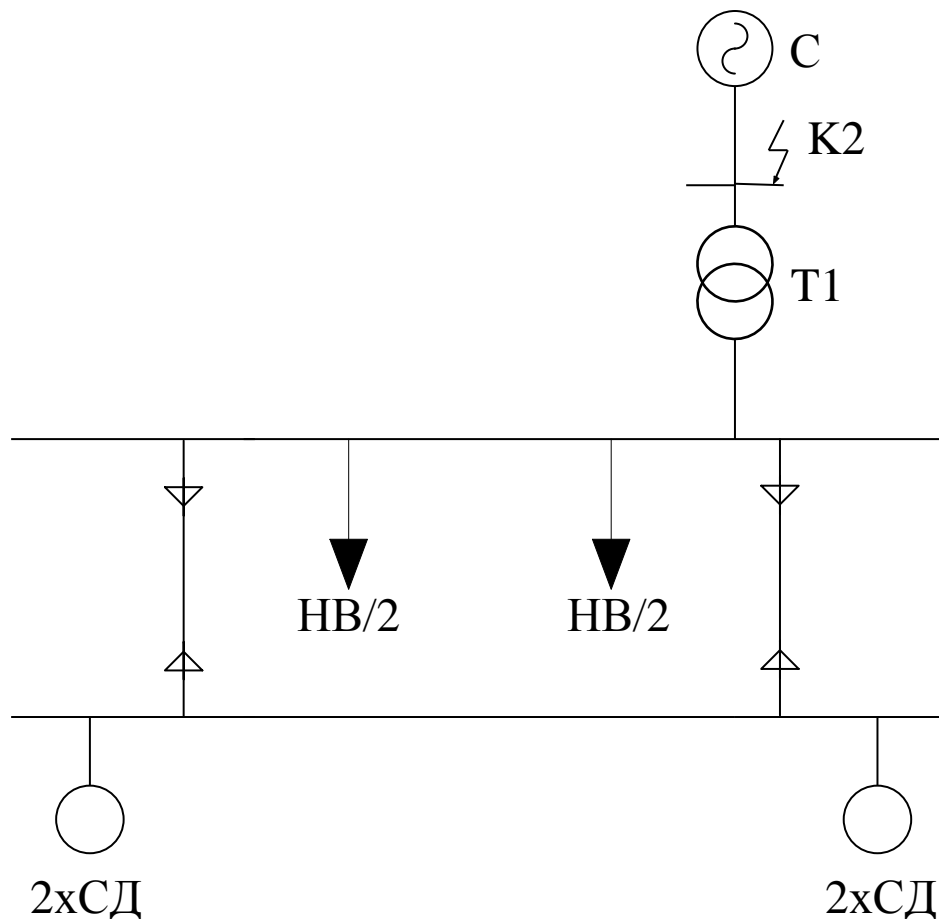


Рисунок 7.2.1 – розрахункова схема для максимального режиму.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

На рисунку 7.2.2 наведена схема заміщення для максимального режиму.

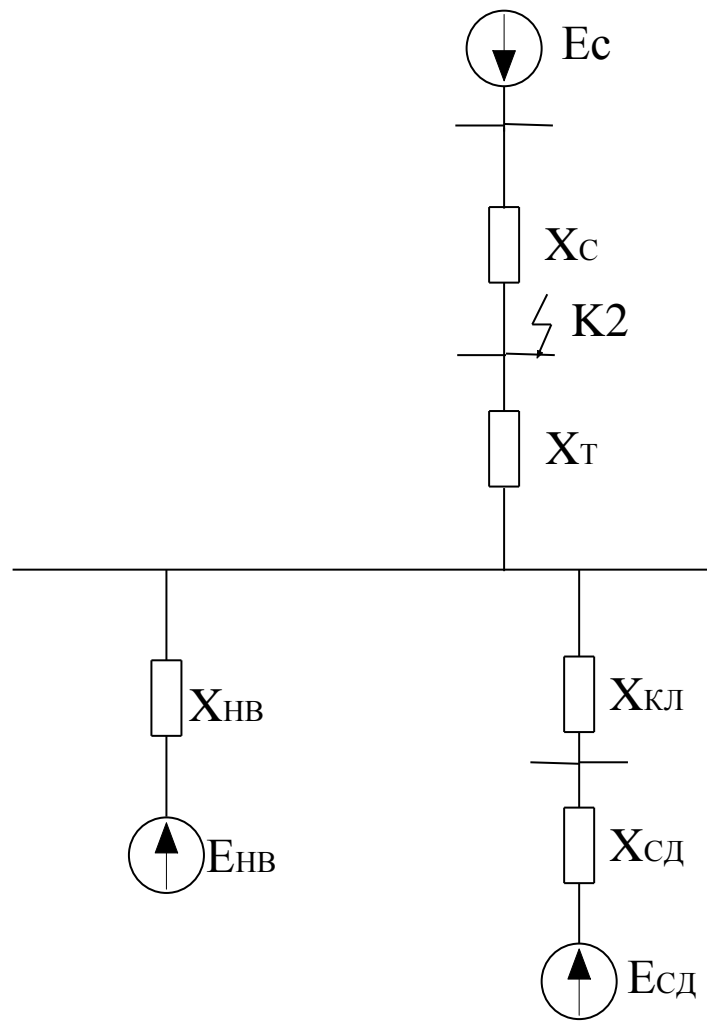


Рисунок 7.2.2 – схема заміщення для максимального режиму.
Спростимо схему заміщення (рис. 7.2.3).

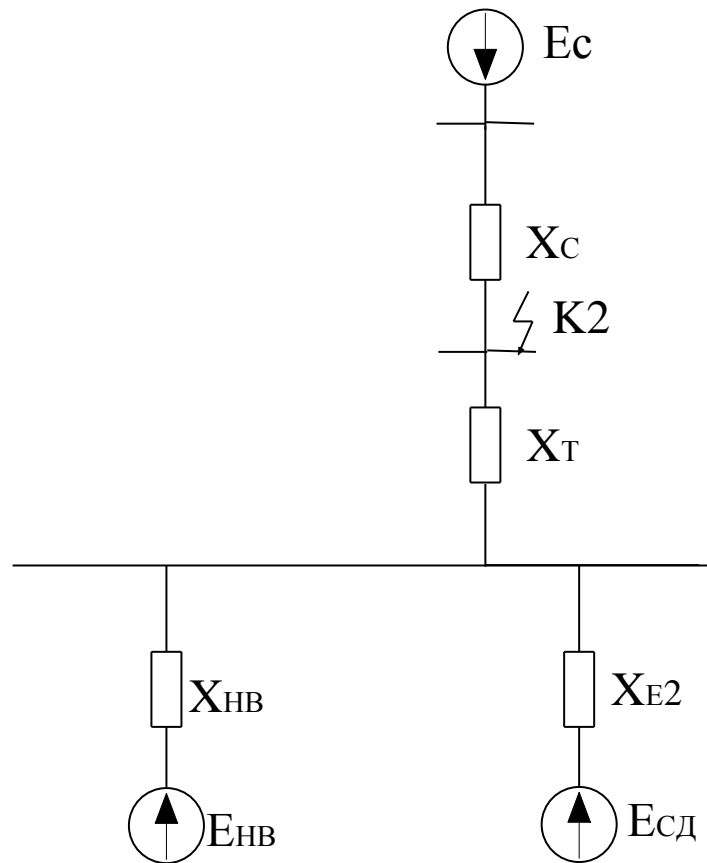


Рисунок 7.2.3 – Спрощена схема заміщення.

Перетворимо схему до елементарного вигляду відносно точки короткого замикання за допомогою коефіцієнту розподілу струмів(рис.7.2.4).[18, с.20]

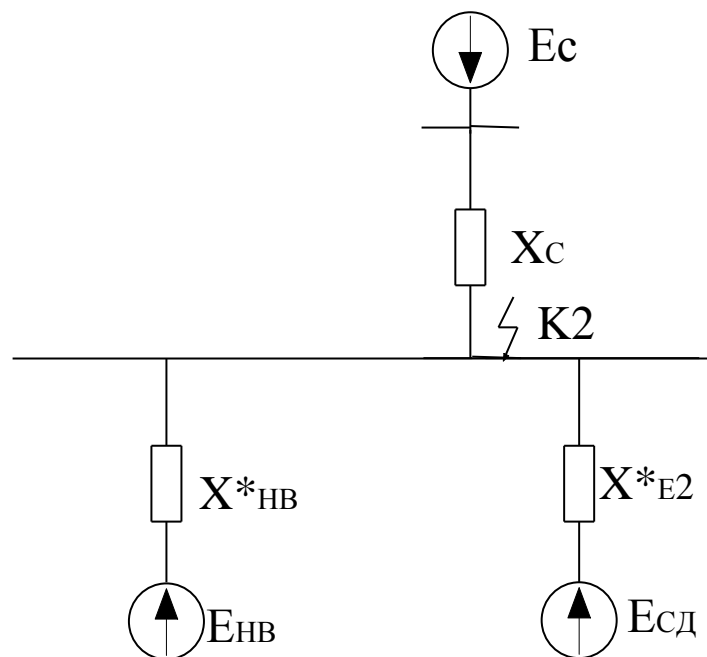


Рисунок 7.2.4 – Спрощена схема заміщення до елементарного вигляду відносно точки K2.

Опори X^*_{HB} та X^*_{e2} визначають наступним чином:

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

Знаходяться еквівалентний опір:

$$X_{екв} = \frac{X_{нв}^* \cdot X_{e2}^*}{X_{нв}^* + X_{e2}^*}, Ом \quad (7.2.1)$$

Визначаємо результуючий опір:

$$X_{рез} = X_{екв} + X_m, Ом \quad (7.2.2)$$

Розраховуємо коефіцієнти струморозподілу:

$$C_1 = \frac{X_{екв}}{X_{нв}} \quad (7.2.3)$$

$$C_2 = \frac{X_{екв}}{X_{e2}} \quad (7.2.4)$$

Знаходимо опори:

$$X_{нв}^* = \frac{X_{рез}}{C_1}, Ом \quad (7.2.5)$$

$$X_{e2}^* = \frac{X_{рез}}{C_2}, Ом \quad (7.2.6)$$

$$X_{екв} = \frac{1,438 \cdot 1,421}{1,438 + 1,421} = 0,715(Ом)$$

$$X_{рез} = 0,715 + 0,435 = 1,15(Ом)$$

$$C_1 = \frac{0,715}{1,438} = 0,497$$

$$C_2 = \frac{0,715}{1,421} = 0,503$$

$$X_{нв}^* = \frac{1,15}{0,497} = 2,314(Ом)$$

$$X_{e2}^* = \frac{1,15}{0,503} = 2,286(Ом)$$

$$I_{n(0)} = I_{к.с(0)}'' + I_{СД(0)}'' + I_{нв(0)}'' = \frac{E_{с(ф)}}{X_c} + \frac{E_{СД}}{X_{e.2}^*} + \frac{E_{нв}}{X_{нв}^*}, кА \quad (7.2.7)$$

$$I_{n(0)} = \frac{3,584}{0,0422} + \frac{3,782}{2,286} + \frac{3,0917}{2,314} = 87,919(кА)$$

Дійсний струм короткого замикання(приведений до напруги 35 кВ):

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$I_{n(0)}^{35} = I_{n(0)} \cdot \left(\frac{U_{нн}}{U_{вн}} \right) \text{кА} \quad (7.2.7)$$

Де $U_{нн}$ – напруга низької сторони трансформатора;

$U_{вн}$ – напруга високої сторони трансформатора.

$$I_{n(0)}^{35} = 87,919 \cdot \frac{6}{35} = 15,072(\text{кА})$$

Ударний струм КЗ в даній точці:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot (1,8 \cdot 84,929 + 1,9 \cdot 1,654 + 1 \cdot 2,336) \cdot \frac{6}{35} = 38,39(\text{кА})$$

Інтеграл Джоуля:

$$B_R = 15,072^2 \cdot (0,2 + 0,05) = 56,791(\text{кА}^2\text{с})$$

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

8. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ 6 КВ

У даному проекті для зв'язку системи електропостачання підприємства мною обрані кабельні лінії. Вибір правильної величини перерізу провідників зумовлюється наступними чинниками:

- Нормальним режимом роботи;
- Режимом максимального навантаження;
- Аварійним режимом.

Перевірка на коронування та на механічну міцність жил не здійснюється.

8.1. Вибір перерізу провідників за нормальним режимом роботи

Нормальний режим – режим експлуатації електроустановки в нормальних умовах, за яких відхилення основних показників знаходиться в допустимих межах, що передбачені чинними нормами й правилами або вимогами заводу-виробника відповідного обладнання. У цьому режимі роботи всі складові частини електропостачальної системи можуть працювати тривалий час і забезпечувати надійне електропостачання.[8, с.33]

Провідники обираються за економічною густиною струму для навантаження нормального режиму.

Економічно вигідний переріз провідників визначають за формулою:[1 с.92]

$$S_{ек} = \frac{I_{норм}}{J_{ек}}, мм^2 \quad (8.1.1)$$

де $I_{норм}$ – струм нормального режиму, А;

$J_{ек}$ – економічно вигідна густина, А/мм². [12, с.50]

Розрахунковий економічно вигідний переріз заокруглюється до найближчого стандартного перерізу.

При виборі перерізу кабелю, що живить цехову ПС за струм нормального режиму приймається номінальний первинний струм трансформатора. Номінальний первинний струм трансформатора визначають як:[1, с.93]

$$I_{норм} = \frac{S_{ном.т}}{\sqrt{3}U_{ном.т}}, А \quad (8.1.2)$$

де $S_{ном.т}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА;

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

$U_{ном.т}$ - номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

При виборі перерізу кабелю, що живить високовольтний ЕД, струм визначається за формулою:[1, с.92]

$$I_{норм} = \frac{P_{ном.д}}{\sqrt{3}U_{ном} \cos \varphi_{ном.д} \eta_{ном.д}}, A \quad (8.1.3)$$

де $P_{ном.д}$ – номінальна активна потужність ЕД, кВт;

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ;

$\cos \varphi_{ном.д}$ – коефіцієнт потужності ЕД;

$\eta_{ном.д}$ – номінальний ККД.

Здійснюємо вибір кабелів за нормальним режимом(таблиця 8.1.1)

Таблиця 8.1.1 – Вибір перерізу кабелю.

Лінія	$I_{норм}$ А	$S_{ек}$ мм ²	$S_{ном}$ мм ²
до ТП1	60,622	31,906	35
до ТП2	60,622	31,906	35
до ТП3	96,225	50,645	50
до ТП4	153,960	81,032	95
до ТП5	96,225	50,645	50
до ТП6	153,960	81,032	95
до ТП7	24,056	12,661	16
до СД	358,255	188,555	240

8.2. Перевірка перерізу провідників за максимальним режимом

Для перевірки обраного перерізу провідника за максимальним режимом роботи потрібно допустимий струм для даного провідника струм з урахуванням відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов та коефіцієнтів допустимого перевантаження порівняти зі струмом форсованого режиму з урахуванням коефіцієнту резервування.[1, с.94-95]

$$K_{пер} I'_{доп} \geq I_{ф} = K_{рез} I_{норм}, A \quad (8.2.1)$$

У даній роботі приймаємо $K_{пер} = 1$, так як у вихідних даних не заданий коефіцієнт попереднього навантаження.

Перевірка перерізу провідників за максимальним режимом перевантаження здійснюють за формулою:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{пр}} K_{\text{сер}} I_{\text{доп}}, A \quad (8.2.2)$$

де $K_{\text{пр}}$ – поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі; [12, с.31]

$K_{\text{сер}}$ – поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов. [12, с.28-29]

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища можна також обчислити за формулою:

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер}}}{T_{\text{ж.н}} - T_{\text{сер.н}}}} \quad (8.2.3)$$

де $T_{\text{ж.н}}$ і $T_{\text{сер.н}}$ – відповідно нормована тривало допустима температура жили та нормована температура середовища;

$T_{\text{сер}}$ – фактична температура середовища.

В даній роботі приймається $T_{\text{сер}} = 25^{\circ}\text{C}$, $T_{\text{сер.н}} = 15^{\circ}\text{C}$ та $T_{\text{ж.н}} = 65^{\circ}\text{C}$ для кабелів з паперовою просоченою ізоляцією.

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{65 - 25}{65 - 15}} = 0,894$$

Результат перевірки заносимо до таблиці 8.2.1

Таблиця 8.2.1 – Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом.

Лінія	$I_{\text{доп}}$	$K_{\text{рез}} I_{\text{норм}}$
до ТП1	100,650	84,871
до ТП2	100,650	84,871
до ТП3	123,941	134,715
до ТП4	190,513	153,960
до ТП5	123,941	134,715
до ТП6	190,513	153,960
до ТП7	64,050	33,679
до СД	177,177	342,133

За результатами перевірки кабелю на максимальне перевантаження замінюємо переріз кабелю до ТП3 та ТП5 з 50 мм^2 на 70 мм^2 .

8.3. Перевірка провідників на термічну стійкість.

Критерієм термічної стійкості провідників є кінцева температура їх нагрівання при проходженні по них струму КЗ, яка не повинна перевищувати короткотривалої допустимої нормованої температури. Для спрощення розрахунків термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом провідника термостійким до струмів КЗ.[1, с.97]

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{I_K^2 t}}{C} = \frac{I_K \sqrt{t}}{C}, \text{ мм}^2 \quad (8.3.1)$$

Де B_K – тепловий імпульс струму КЗ, A^2c ;

$I_K = I_{n.o}$ – початкове значення періодичної складової трифазного КЗ, А;

t – дійсний час вимикання КЗ, с;

C – температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури провідника, $Ac^{1/2}/\text{мм}^2$.

Дійсний час вимикання КЗ радіальної схеми живлення дорівнює $t = 0,2$ с;[1, с.98]

Проводимо розрахунок найменшого перерізу провідника(таблиця 7.3.1)

Таблиця 8.3.1 – Перевірка провідників на термостійкість.

Лінія	до ТП1	до ТП2	до ТП3	до ТП4	до ТП5	до ТП6	до ТП7	до СД
S_{\min}	59,912	59,912	59,912	59,912	59,912	59,912	59,912	59,912

За результатами перевірки кабелю на термічну стійкість замінюємо переріз кабелю до ТП1 та ТП2 з 35 мм^2 на 70 мм^2 , до ТП7 з 16 мм^2 на 70 мм^2 .

Відповідно до результатів трьох перевірок обираємо кабель типу ААШВ[13] з наступними перерізами:

Таблиця 8.3.2 – Вибір перерізу кабелів за результатами трьох перевірок.

Лінія	до ТП1	до ТП2	до ТП3	до ТП4	до ТП5	до ТП6	до ТП7	до СД
S_{\min}	70	70	70	95	70	95	70	240

9. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Електричні апарати, що підлягають вибору:

- Вимикачі на напрузі 6 кВ;
- Ошиновка розподільних пристроїв 6 кВ;
- Електровимірювальні трансформатори струму та напруги.

9.1. Вибір високовольтних вимикачів.

Високовольтні вимикачі призначені для оперативних замикань і розмикань кіл високої напруги при номінальних режимах роботи і автоматичного розмикання цих кіл при аварійних режимах (перевантаження, короткі замикання і т.п.). Автоматичне і достатньо швидке вимкнення кола при короткому замиканні є основною та найбільш відповідальною операцією вимикача, що попереджає пошкодження і вихід з ладу дорого стоячого обладнання від дій великих струмів короткого замикання, а також можливі порушення нормальної роботи енергосистеми.[14, с.93]

Основним фактором, визначаючим конструкцію вимикача є спосіб гасіння дуги. Виходячи з цього вимикачі можуть бути розділені на наступні основні групи:

Масляні вимикачі – гасіння дуги здійснюється в маслі;

Повітряні вимикачі – гасіння дуги здійснюється потоком стисненого повітря, який надходить від спеціального джерела;

Автогазові вимикачі – гасіння дуги здійснюється газами, які виділяються із стінок камер під дією високої температури електричної дуги;

Вимикачі з стисненим елегазом – гасіння дуги відбувається в елегазовому середовищі;

Електромагнітні вимикачі – гасіння дуги відбувається за допомогою магнітного дуття;

Вакуумні вимикачі – гасіння дуги відбувається в вакуумі.[14, с.94]

В даному проекті мною пропонується обрати вакуумні вимикачі.

Вибір високовольтних вимикачів здійснюють за такими умовами:[11, с.23]

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

Міцність ізоляції для роботи в тривалому режимі:

Допустиме нагрівання в тривалому режимі:

Перевірка за струмом електродинамічної стійкості:

Перевірка за струмом термічної стійкості:

Для вибору високовольтного вимикача необхідно визначити струми нормального і після аварійного режимів.[11 с.23-24]

Розрахунковий струм у колі ввідних вимикачів при наявності резервуючої лінії:

$$I_B = \frac{1,4S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, A \quad (9.1.1)$$

де $S_{ном}$ – потужність силового трансформатора, кВА;

$U_{ном}$ – номінальна напруга, кВ.

без резервуючої лінії:

$$I_B = \frac{S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, A \quad (9.1.2)$$

Розрахунковий струм у колі секційного вимикача:

$$I_{CB} = \frac{0,7S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, A \quad (9.1.3)$$

Вибір вимикачів рекомендується виконувати в табличній формі (табл 9.1.1-9.1.12). Каталожні дані вимикачів взяті з [15].

Таблиця 9.1.1 – Вибір ввідних вимикачів.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{с.ном} \leq U_{ном}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	848,705 А	1000 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКЗ}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{уд} \leq I_{СКЗ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{пт} \leq I_{відк. ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а. ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Де $U_{с.ном}$ – номінальна напруга системи, кВ;

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

$I_{розр}$ – розрахунковий струм у колі лінії вимикача, А;

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

$I_{\pi 0}$ – струм трифазного КЗ в початковий момент часу, кА;

$I_{пр.СКВ}$ – наскрізний номінальний струм, кА;

$I_{уд}$ – ударний струм КЗ, кА;

$I_{СКВ}$ – наскрізний максимальний струм, кА;

$I_{\pi\tau}$ – струм КЗ в момент спрацювання вимикача, кА;

$I_{відк.ном}$ – номінальний струм відімкнення, кА;

$I_{ат}$ – аперіодична складова струму КЗ, кА;

$I_{а.ном}$ – номінальний струм аперіодичної складової, кА;

B_K – інтеграл Джоуля, кА²с;

$I_{\tau,ном}$ – струм термічної стійкості, кА;

t_T – проміжок часу, с;

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/1000 У2.

Таблиця 9.1.2 – Вибір секційного вимикача.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	424,352 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau,ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	$31,5^2 \cdot 3 = 2976,75$ кА ² ·с

Вибираємо вимикач ВРС-6-31,5/630 У2.

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

Таблиця 9.1.3 – Вибір вимикачів для живлення секції синхронних двигунів.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	424,352 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.4 – Вибір вимикачів на вводі ТП1.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	181,102 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.5 – Вибір вимикачів на вводі ТП2.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	139,249 А	630 А

$I_{\pi 0} \leq I_{np.CKB}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{yd.} \leq i_{CKB}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{a.ном.}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.6 – Вибір вимикачів на вводі ТПЗ.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	241,335 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{np.CKB}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{yd.} \leq i_{CKB}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{a.ном.}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.7 – Вибір вимикача на вводі ТП4.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	181,373 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{np.CKB}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{yd.} \leq i_{CKB}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА

$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо вимикач ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.8 – Вибір вимикачів на вводі ТП5.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	308,807 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.9 – Вибір вимикача на вводі ТП6.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	198,372 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо вимикач ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.10 – Вибір вимикачів на вводі ТП7.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
--------------	------------------------	----------------

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	47,668 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два вимикача ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.11 – Вибір секційного вимикача секції синхронних двигунів.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	239,493 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
$I_{\pi\tau} \leq I_{відк.ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а.ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91$ кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо вимикач ВРС-6-31,5/630 У2.

Таблиця 9.1.12 – Вибір вимикачів на вводі синхронного двигуна.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	59,873 А	630 А
$I_{\pi 0} \leq I_{пр.СКВ}$	12,325 кА	31,5 кА

$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	80 кА
------------------------	-----------	-------

						Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

$I_{пт} \leq I_{відк. ном.}$	12,325 кА	31,5 кА
$I_{ат} \leq I_{а. ном}$	0,319 кА	$\sqrt{2} \cdot \frac{31,5 \cdot 20}{100} = 8,91 \text{ кА}$
$B_K \leq I_{т ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо вимикач ВРС-6-31,5/630 У2.

9.2. Вибір ошиновки РП 6 кВ.

Шинною конструкцією (шинами) називають неізольовані провідники або систему провідників, які закріплені за допомогою ізоляторів і призначені для електричного зв'язку між елементами електричної установки.

У розподільних пристроях шинні конструкції використовують для сполучення електричних апаратів, паралельного ввімкнення ряду електричних кіл (збірні шини) і для приєднання до РП електричних машин. [16, с.79]

Ошиновка закритих РП 6 кВ виконується твердими шинами. Перетин обирається за допустимим струмом, динамічною дією струмів короткого замикання і на можливість виникнення резонансних явищ. Зазначені явища не виникають при КЗ, якщо власна частота коливань шини менше 30 і більше 200 Гц.[11, с.30]

Допустимий струм шин РП 6 кВ визначається за формулою:

$$I = \frac{1,4S_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, A \quad (9.2.1)$$

де $S_{ном}$ – потужність силового трансформатора, кВА;

$U_{ном}$ – номінальна напруга, кВ.

$$I = \frac{1,4 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 6} = 848,705 (A)$$

За таблицею довідника[12, с.49] приймаємо до встановлення коробчасті алюмінієві шини 75×35×5,5×6 мм, переріз (2×695) мм², допустимий струм $I_{дон} = 2670 \text{ А}$.

Перевірка на термічну стійкість:

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C}, мм \quad (9.2.2)$$

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Де B_k – інтеграл Джоуля;

C – константа, що дорівнює $91 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кАс}}{\text{мм}^2}$

$$F_{\min} = \frac{\sqrt{37,976}}{91 \cdot 10^{-3}} = 20,428 (\text{мм}^2)$$

$20,428 < 2 \times 695$ мм, термічна стійкість шин забезпечується.

Частоту власних коливань шинної конструкції визначаємо за формулою:

$$f_0 = \frac{173.2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{\gamma}{q}}, \text{Гц} \quad (9.2.3)$$

Де l – довжина прольоту між ізоляторами $l = 1,5$ м;

γ – момент інерції поперечного перерізу шини до осі, перпендикулярної до напрямку згинаючі сили, см^4 ;

q – поперечний переріз шини, см^2 .

Момент інерції визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{\sigma^2 h^2}{12}, \text{см}^4 \quad (9.2.4)$$

Де σ – товщина шини, см;

h – ширина шини, см;

Умова механічної міцності шини є $\sigma_{\text{роз}} \leq \sigma_{\text{дон}}$

Де $\sigma_{\text{роз}}$ – розрахунковий механічний напрумок у матеріалі шин, МПА;

$\sigma_{\text{дон}} = 75$ МПА - допустима механічна напруга в матеріалі шин для алюмінієвого сплаву ДДЗТТ.

Розрахункова механічна напруга визначається за формулою:

$$\sigma_{\text{роз}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{i^2 \cdot l^2}{W a}, \text{МПА} \quad (9.2.5)$$

Де W – момент опору шини;

i – ударний струм КЗ;

a – відстань між фазами, см, $a = 0,5$ см .

$$W = \frac{bh^2}{6}, \text{см}^3 \quad (9.2.6)$$

Де h – ширина шини, см;

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

b – висота шини, см.

$$W = \frac{3,5 \cdot 7,5^2}{6} = 32,813(\text{см}^3)$$

$$\sigma_{\text{роз}} = \sqrt{3} \cdot 10^{-8} \cdot \frac{29,313^2 \cdot 1,5^2}{32,813 \cdot 0,5} = 2,041(\text{МПА})$$

Умова механічної міцності виконується $2,041 < 75$ МПА.

$$\gamma = \frac{2 \cdot 3,5^2 \cdot 7,5^2}{12} = 114,844(\text{см}^4)$$

$$f_0 = \frac{173,2}{1,5^2} \cdot \sqrt{\frac{114,844}{2 \cdot 6,95}} = 221,265(\text{Гц})$$

Власна частота більше 200 Гц, механічний резонанс не виникає, шини обрані правильно.

9.3. Вибір вимірювальних трансформаторів струм та напруги

Для підключення вимірювальних приладів та пристроїв релейного захисту необхідна наявність вимірювальних трансформаторів струму та напруги.

Вимірювальні трансформатори – трансформатори, що призначені для зменшення первинних та вторинних напруг та струмів до рівнів, зручних для приєднання до вимірювальних приладів та релейного захисту.

Трансформатор струму – це вимірювальний трансформатор, у якому вторинний струм при нормальних умовах застосування є приблизно пропорційним первинному струму та відрізняється за фазою від нього на кут, який за умови правильного приєднання приблизно дорівнює нулю.[17, с.286]

Трансформатор напруги – це вимірювальний трансформатор, у якому вторинна напруга у нормальних умовах застосування є приблизно пропорційною первинній напрузі та відрізняється за фазою від неї на кут, який за умови правильного приєднання приблизно дорівнює нулю.[17, с.289]

В даному проекті у ланцюгу трансформатора ГПП з боку низької та високої напруги встановлюємо ТС та ТН, на лініях, що відходять – ТС (табл. 9.3.1-9.3.9).

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

Таблиця 9.3.1 – Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці високої напруги.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	35 кВ	35 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	145,492 А	200 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	38,39 кА	141 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	56,791 кА ² ·с	55,5 ² ·3=9075 кА ² ·с

Вибираємо трансформатор струму ТОЛ-35-150[19].

Таблиця 9.3.2 – Вибір трансформатора струму в колі силового трансформатора на боці низької напруги.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	848,705 А	1000 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	100 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	40 ² ·3=4800 кА ² ·с

Вибираємо два трансформатора струму ТОЛ-Э-1000[20].

Таблиця 9.3.3 – Вибір трансформатора струму на ввіді ТП1.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	181,102 А	200 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	50 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	20 ² ·3=1200 кА ² ·с

Вибираємо два трансформатора струму ТОЛ-Э-200[20].

Таблиця 9.3.4 – Вибір трансформатора струму на ввіді ТП2.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ

$I_{розр} \leq I_{ном}$	139,249 А	150 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	37,5 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	15 ² ·3=675 кА ² ·с

Вибираємо два трансформатора струму ТОЛ-Э-150[20].

Таблиця 9.3.5 – Вибір трансформатора струму на вводі ТП3.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	241,335 А	300 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	78,8 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	31,5 ² ·3=2976,75 кА ² ·с

Вибираємо два трансформатора струму ТОЛ-Э-300[20].

Таблиця 9.3.6 – Вибір трансформатора струму на вводі ТП4.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	181,373 А	200 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	50 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	20 ² ·3=1200 кА ² ·с

Вибираємо трансформатор струму ТОЛ-Э-200[20].

Таблиця 9.3.7 – Вибір трансформатора струму на вводі ТП5.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	308,807 А	400 А

Продовження таблиці 9.3.7

$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	100 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	40 ² ·3=4800 кА ² ·с

Вибираємо два трансформатора струму ТОЛ-Э-400[20].

Таблиця 9.3.8 – Вибір трансформатора струму на ввіді ТП6.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	198,372 А	200 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	50 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	20 ² ·3=1200 кА ² ·с

Вибираємо трансформатор струму ТОЛ-Э-200[20].

Таблиця 9.3.9 – Вибір трансформатора струму на ввіді ТП7.

Умови вибору	Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{м.ном} \leq U_{ном.}$	6 кВ	6 кВ
$I_{розр} \leq I_{ном}$	47,668 А	150 А
$i_{уд.} \leq i_{СКВ}$	29,313 кА	37,5 кА
$B_K \leq I_{\tau ном.}^2 \cdot t_T$	37,976 кА ² ·с	15 ² ·3=675 кА ² ·с

Вибираємо два трансформатора струму ТОЛ-Э-150[20].

Трансформатори напруги обираємо за номінальною напругою. Як трансформатори напруги на стороні 35 кВ обираємо ЗНОМ-35[21], на стороні 6 кВ обираємо ЗНОЛ-Э-6 [22].

10. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДВОХ РІЗНИХ СВІТИЛЬНИКІВ

Поліпшення умов штучного і природного освітлення має великий вплив на підвищення продуктивності праці та якості продукції, сприяє зниженню бракованої продукції, зниженню рівня травматизму.

Варто пам'ятати, що значна частина робочого часу на виробничих підприємствах припадає на темний час доби, коли робота повинна проводитися при штучному освітленні, а також будівель, які позбавлені повністю природного освітлення, або його наявність виявляється недостатньою для роботи впродовж світлового дня без додатково увімкненого електричного освітлення.

Для розрахунку економічного ефекту при використанні двох різних світильників необхідно знайти обсяг витрат при впровадженні даних заходів. Для проектування системи освітлення в будівлі ремонтно-механічного цеху було вибрано два типу світильників: PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM з люмінесцентною лампою та HELIOS 16 з дуговою ртутною люмінесцентною лампою. У таблиці 10.1 приведені технічні характеристики світильників.

Таблиця 10.1 – Технічна характеристика світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM і HELIOS 16

Найменування	Тип світильника	
	PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM	HELIOS 16
Тип лампи	ЛЛ	ДРЛ
Потужність, Вт	36	250
Світловий потік, лм	2350	12500
Термін служби, год	12000	12000

Джерела, що перетворюють енергію електричного розряду в газах, парах металу або їхніх сумішах в оптичне випромінювання, називають газорозрядними джерелами.

Як газ використовують аргон, пари металів (ртуть, натрій).

Газорозрядні джерела класифікують за тиском, за принципом генерування ОВ, за видом розряду.

Залежно від тиску суміші аргону із ртуттю в трубці лампи джерела поділяють на:

- лампи низького тиску;
- лампи високого тиску;
- лампи надвисокого тиску.

Тиск впливає на спектр випромінювання ртуті. При низьких тисках спектр наближається до монохроматичного (80 % випромінювання припадає на довжину хвилі 254 нм). У ламп високого тиску спектр випромінювання лінійчатий, у ламп СВД – наближається до суцільного.

За принципом генерування оптичного випромінювання джерела ділять на: електролюмінісцентні; фотолюмінісцентні.

Електролюмінесценція – випромінювання, що випускається атомами, молекулами, іонами речовини в результаті збудження їх електричною енергією.

Фотолюмінесценція – випромінювання речовини під впливом енергії оптичного випромінювання, що поглинається ним (при цьому довжина хвилі випромінювання завжди більша довжини оптичного випромінювання, що поглинається).

За видом електричного розряду джерела бувають:

- дугового розряду;
- тліючого розряду;
- імпульсного розряду.[23, с.53-54]

Люмінесцентні лампи являють собою розрядні джерела світла низького тиску, у яких ультрафіолетове випромінювання ртутного розряду перетворюється люмінофором у більш довгохвильове випромінювання. Конструктивно вони являють собою циліндричну скляну колбу, закриту герметично увареними ніжками. Електроди – біспіральні, вольфрамові.[23, с.55]

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Лампа ДРЛ базується на використанні випромінювання кварцової трубки-пальника, забезпечується розміщенням її усередині зовнішньої колби. Остання слугує, крім того, носієм шару люмінофора, що за рахунок поглинання ультрафіолетової частини випромінювання ртутного розряду додає до видимого випромінювання цього розряду відсутнє в ньому випромінювання жовтогарячо-червоної області спектра. [23, с.63]

В порівнянні з люмінесцентними лампами низького тиску лампи ДРЛ мають наступні переваги та недоліки.

Переваги ламп ДРЛ по відношенню до люмінесцентних ламп низького тиску в наступні:

- лампи ДРЛ порівняно з малими розмірами дозволяють отримати від одного джерела набагато більший світловий потік ніж від ЛЛ;
- постільки внутрішня колба знаходиться у зовнішній колбі, умови зовнішнього середовища не впливають на світлотехнічні характеристики лампи;

Лампа працює в номінальному режимі при температурі навколишнього середовища від – 400С до + 800С.

Недоліки ламп ДРЛ по відношенню до люмінесцентних ламп низького тиску є наступні:

- світлова віддача лампи ДРЛ менша ніж у ЛЛ і складає вона в середньому 40-50 лм·Вт;
- температура зовнішньої колби складає в середньому 2000С і при попаданні капель дощу на неї вона може тріснути;
- лампи ДРЛ поступаються по кольоропередачі ЛЛ; - світловий ККД ламп ДРЛ складає до 10%. [24, с.107]

Вартість всіх світильників, які необхідно встановити, визначається за формулою:

$$C_{cv} = (C_c + C_n \cdot N) \cdot n, \text{ грн} \quad (10.1)$$

де C_c – ціна одного світильника, грн.;

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

$C_{л}$ – ціна однієї лампи, грн.;

N – кількість ламп в світильнику, штук;

n – кількість світильників, штук.

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM з люмінесцентною лампою, враховуючи, що їх необхідно встановити 650 штук(за розрахунком в програмі DIALux) ціна яких 269,96 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику,

ціна ламп – 18,6 грн., складає:

$$C_{св1} = (269,96 + 18,6 \cdot 1) \cdot 650 = 187564(\text{грн})$$

Вартість всіх освітлювальних приладів для освітлення приміщень за допомогою світильників HELIOS 16 з лампою ДРЛ, враховуючи, що їх необхідно встановити 120 штук(за розрахунком в програмі DIALux) ціна яких 1349 грн., та по 1 лампі в кожному світильнику, ціна ламп – 80 грн., складає:

$$C_{св2} = (1349 + 80 \cdot 1) \cdot 120 = 171480(\text{грн})$$

Кількість споживаної електричної енергії за рік:

$$K = k \cdot N_{л} \cdot n \cdot N, \text{кВт} / \text{год} \quad (10.2)$$

Де k – час напрацювання лампи, год.;

$N_{л}$ – потужність лампи, кВт.

Для ламп час роботи складає 2500 годин за рік.

Споживана електроенергія при використанні світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM складає:

$$K_1 = 2500 \cdot 0,036 \cdot 650 \cdot 1 = 58500(\text{кВт} / \text{год})$$

При використанні світильників HELIOS 16:

$$K_2 = 2500 \cdot 0,25 \cdot 120 \cdot 1 = 75000(\text{кВт} / \text{год})$$

Вартість споживаної електричної енергії за рік:

$$C_{ел} = K \cdot C_{ел}, \text{грн} \quad (10.3)$$

Де $C_{ел} = 2,39$ грн/кВт – ціна на електричну енергію.

Для світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM вона складає:

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

$$C_{\text{ЕЛ1}} = 58500 \cdot 2,39 = 139815(\text{грн})$$

Вартість споживаної електричної енергії для світильників HELIOS 16:

$$C_{\text{ЕЛ2}} = 75000 \cdot 2,39 = 179250(\text{грн})$$

Річна економія споживання електричної енергії при установці світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM:

$$E_{\text{ел}} = C_{\text{ЕЛ2}} - C_{\text{ЕЛ1}} = 179250 - 139815 = 39435(\text{грн}) \quad (10.4)$$

Річні витрати по експлуатації світильників:

$$C_{\text{експл}} = G \cdot C_{\text{л}} + C_{\text{ЕЛ}} \cdot \text{грн} \quad (10.5)$$

Де G – витрата ламп, штук.

Для PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM – 40 штук, для HELIOS 16 – 5 штук.

Витрати згідно формули (10.5):

- для ламп PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM:

$$C_{\text{експл1}} = 40 \cdot 18,6 + 139815 = 140559(\text{грн})$$

- для світильників HELIOS 16:

$$C_{\text{експл2}} = 4 \cdot 80 + 179250 = 179570(\text{грн})$$

Річна економія по експлуатації світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM ніж при використанні HELIOS 16:

$$E_{\text{експл}} = C_{\text{експл2}} - C_{\text{експл1}} = 179570 - 140559 = 39011(\text{грн}) \quad (10.6)$$

Економія при установці освітлювальних приладів:

$$E_{\text{уст}} = C_{\text{уст2}} \cdot n_2 - C_{\text{уст1}} \cdot n_1 = 107,4 \cdot 120 - 43 \cdot 650 = -15062(\text{грн}) \quad (10.7)$$

Де $C_{\text{уст}}$ – ціна монтажу одного світильника, грн. Ціна монтажу HELIOS 16 становить 107,4 гривні, а PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM - 43 гривні.

Загальна економія підприємства:

$$E = E_{\text{експл}} + E_{\text{уст}} = 39011 + (-15062) = 23949(\text{грн}) \quad (10.8)$$

Згідно розрахунків економія підприємства від використання світильників PLF 20 36Вт Т8 6400К MAGNUM в порівнянні зі світильниками HELIOS 16 становить 23949 гривні.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
Лист	№ докум	Підпис	Дата			

11. РОЗРАХУНОК ОПОРУ ЗАЗЕМЛЮВАЛЬНОГО КОНТУРУ

Розрахувати опір заземлювального контуру відкритого розподільчого пристрою РП ремонтно-механічного цеху, який складається із сітки, що утворена горизонтальними смугами об'єднаних вертикальних електродів. Зобразити схему заземлювального контуру РП. Вимірні значення питомого ґрунту $\rho_{вим}$ приймаємо 98 Ом·м, кількість тросів на лінії $n_{тр}$ - 2 шт, довжина прольоту лінії $l_{пр}$ - 150 м, тип тросу – С-70.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту при сезонних змінах [25]:

$$\rho_{розр} = K \cdot \rho_{вим} = 1,4 \cdot 98 = 137,2 (\text{Ом} \cdot \text{м}) \quad (11.1)$$

де K – сезонний коефіцієнт 1,4.

Виходячи з $\rho_{вим}$, визначимо допустимий опір заземлення $R_{ОП} = 15 \text{ Ом}$ опори високовольтної лінії для грозового сезону.

Опір заземлення система трос-опора:

$$R_{ТР-ОП} = \sqrt{R_{ТР} \cdot R_{ОП}} = \sqrt{0,2 \cdot 15} = 1,643 (\text{Ом}) \quad (11.2)$$

Опір троса:

$$R_{ТР} = \frac{r_{тр}^l \cdot 10^{-3} \cdot l_{пр}}{n_{тр}} = \frac{2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 150}{2} = 0,18 (\text{Ом}) \quad (11.3)$$

Опір $R_{ТР-ОП} = R_{ТР}$ - опір заземлення природних заземлювачів РП.

Допустимий опір R_3 штучного заземлювача за наявності природних заземлювачів:

$$R_3 = \frac{R_{ДОП} \cdot R_{ТР}}{R_{ТР} - R_{ДОП}} = \frac{0,5 \cdot 1,643}{1,643 - 0,5} = 0,719 (\text{Ом}) \quad (11.4)$$

де ($R_{ДОП} \leq 0,5 \text{ Ом}$)

Опір заземлювачів, що складається із сітки вертикальних електродів, об'єднаних горизонтальними смугами:

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

$$R_{3,P} = \rho_{розр} \cdot \left(\frac{A}{\sqrt{S}} + \frac{1}{L + n \cdot l} \right) \quad (11.5)$$

де L - сумарна довжина всіх горизонтальних електродів;

l, n - число і довжина вертикальних електродів;

A - коефіцієнт, що залежить від l/\sqrt{S} ;

S – площа заземлюваного контуру, м².

Заземлювальний контур виконуємо у вигляді сітки з горизонтальних смуг із вертикальними електродами, розташованих у вузлах сітки по її периметру.

Схема заземлювального контуру зображена на рис. 11.1.

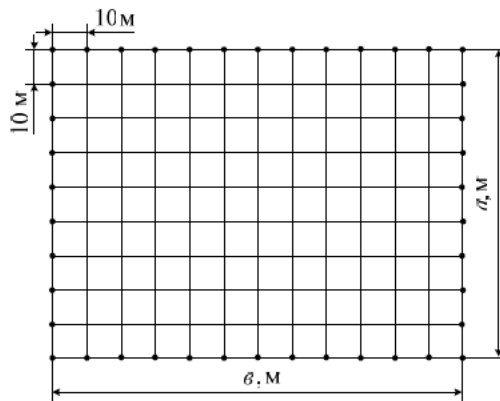


Рисунок 11.1 – Схема заземлювального контуру

Сумарна довжина всіх електродів визначається за формулою:

$$L = \left(\frac{a}{10} + 1 \right) \cdot b + \left(\frac{b}{10} + 1 \right) \cdot a = \left(\frac{102}{10} + 1 \right) \cdot 54 + \left(\frac{54}{10} + 1 \right) \cdot 102 = 1257,6(м) \quad (11.6)$$

Число вертикальних електродів визначається за формулою:

$$n = \left(\frac{a}{10} \cdot 2 \right) + \left(\frac{b}{10} \cdot 2 \right) = \left(\frac{102}{10} \cdot 2 \right) + \left(\frac{54}{10} \cdot 2 \right) = 32(шт) \quad (11.7)$$

$$R_{3,P} = \rho_{розр} \cdot \left(\frac{A}{\sqrt{S}} + \frac{1}{L + n \cdot l} \right) = 137,2 \cdot \left(\frac{0,33}{\sqrt{102 \cdot 54}} + \frac{1}{1257,6 + 32 \cdot 10} \right) = 0,69(Ом)$$

Як бачимо виконання нерівностей $R_{3,P} < R_3$; $0,69 Ом < 0,719 Ом$ свідчить про те, що обрані параметри заземлювача відповідають допустимим нормам.

ВИСНОВОК

За результатами дипломної роботи були розраховані електричні навантаження цехів підприємства методом коефіцієнту попиту, побудована раціональна схема електропостачання підприємства, обрані силові трансформатори ГПП та цехових підстанцій, обрані пристрої компенсації реактивної потужності, проведений розрахунок струмів короткого замикання для подальшого вибору кабельних ліній та високовольтних електричних апаратів. Загалом, можна сказати, що під час виконання дипломного проекту я значно розширив та закріпив уже набуті знання щодо основних методів розрахунку внутрішньозаводського електропостачання.

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рудницький В. Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2006. – 153 с.;
2. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.;
3. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0392-18>;
4. Каталог силових трансформаторів серії ТМ, виробник – ТОВ “Укрелектроапарат” - <http://uea.com.ua/product/tm>;
5. ДСТУ 3465-96 СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАЛЬНІ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ Терміни та визначення;
6. Каталог силових трансформаторів серії ТМ, виробник – ТОВ “Трансформатор Сервіс” - <http://transf.com.ua/ua/1-transformatory-silovye-maslyanye/1-transformatory-silovye-maslyanye-tipa-tm/>;
7. Василега П. О. Електропостачання : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 521 с.;
8. Каталог конденсаторних установок, виробник – ТОВ “КілоВольтАмпер” - <https://kva.com.ua/g73100129-kondensatornyye-ustanovki-ukrm>;
9. Шкрабець Ф. П. Основи електропостачання Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2012. – 465 с.
10. Програма курсу, контрольні завдання і методичні вказівки до виконання курсового проекту «Електрична частина станцій та підстанцій» для студентів спеціальності 6.05070103 «Електротехнічні системи електроспоживання» усіх форм навчання / Укладачі: Д.В. Муриков, І.Л. Лебединський, П.О. Василега, С.М. Лебедка. – Суми: Вид-во СумДУ, 2017. – 34 с.;

									Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

MP 5.8.141.303 ПЗ

11. Міненерговугілля України. Правила улаштування електроустановок. – Х.: Форт, 2017. –760 с.;
12. Кабель марки ААШВ, виробник – ТОВ “Мастеркабель” - <https://masterkabel.com.ua/product-category/pages3/pages61/>;
13. Каталог вакуумних високовольтних вимикачів серії ВРС, виробник – Рівненський завод високовольтної апаратури - http://www.rzva.ua/ua/produkcija/komutaciini-aparati_1472639412/vakuumni-vimikachi-6-kv_1472639388/vr6v_1472639332.htm;
14. Костишин В. С., Федорів М. Й., Бацала Я. В. Електрична частина станцій та підстанцій. навчальний посібник. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2017. – 243 с.;
15. Клименко Б. В. Електричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту. Загальний курс : навчальний посібник. – Харків: Вид-во «Точка», 2012. – 340 с.;
16. Програма курсу, завдання і методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи на тему: «Розрахунок струмів трифазного короткого замикання» з дисципліни “Електромагнітні перехідні процеси” для студентів напряму підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології» денної форми навчання / Укладач С.М. Лебедка. – Суми, Вид-во СумДУ, 2018. – 22 с.;
17. Вимірювальний трансформатор струму ТОЛ – 35, виробник – ТОВ “НПП”Вольтен” - <https://voltten.com/tol-35-transformator-toka-izmeritelnyj-suxoj-opornyj/>;
18. Каталог вимірювальних трансформаторів струму 6 кВ, виробник – ТОВ “ЕЛІЗ” - <http://eliz.zp.ua/catalog-eliz/transformatory-izmeritelnie/litye/84-6-10-kv-transformatory-toka-litye-tol-tpl.html>;
19. Вимірювальний трансформатор напруги ЗНОМ – 35, виробник – ТОВ “НПП”Вольтен” <https://voltten.com/znom-35-transformator-napryazheniya-izmeritelnyj-maslyanyj-zazemlyaemyj/>;

20. Вимірювальний трансформатор напруги ЗНОЛ – Э – 6, виробник – ТОВ “ЕЛІЗ” - http://eliz.zp.ua/catalog-eliz/transformatory-izmeritelnie/litye_napr/76-6-10-kv-transformatory-napryazheniya-litye-tipov-3znol-e-3znolp-e.html;

21. Освітлення промислових споруд та житлових будинків: конспект лекцій / укладач М. В. Петровський. – Суми: Сумський державний університет, 2018. – 226 с.;

22. Електричне освітлення та опромінення: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / Р.В. Кушлик, В. Ф. Яковлев, Ю. М. Куценко, М. Л. Лисиченко, М. П. Кунденко, Ю. М. Федюшко, – Х: ТОВ «Планетапрінт», 2016. - 332 с.;

23. Методичні вказівки та завдання до розрахунково-графічної роботи з курсу «Грозозахист і перенапруга у електричних мережах» / укладач М. В. Петровський. – Суми : Сумський державний університет, 2019. – 37 с.;

					MP 5.8.141.303 ПЗ	Арк
	Лист	№ докум	Підпис	Дата		