

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Робота допущена до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики
_____ І.Л. Лебединський
«__» _____ 2019 р.

Кваліфікаційна робота бакалавра

**на тему: «Розрахунок системи електропостачання Білопільської
дільниці вагового депо "Основа"»**

з напрямку 3.6.141507 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав
студент гр. ЕТ-51

В.В. Захарченко

Керівник, канд.техн.наук

С.М. Лебедка

СУМИ 2019

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ЕЛІТ Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

І.Л. Лебединський

“___” _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

студента Захарченко Владислав Валентинович

1. Тема дипломного проекту «Розрахунок системи електропостачання Білопільської дільниці вагового депо ”Основа”»

затверджено наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі студентом завершеної роботи 10.06.2019 р.

3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для проектування системи електропостачання та електроосвітлення є однолінійна схема електропостачання, перелік електроприймачів з вказанням їхньої потужності та кількості.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити):

– Вступ;

– Характеристика об’єкту проектування;

– Визначення розрахункових навантажень котельні Білопільської дільниці вагового депо;

– Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової трансформаторної підстанції;

– Вибір перерізу провідників;

– Розрахунок струмів КЗ;

– Вибір пускової і захисної апаратури для електроустаткування;

– Висновок;

– Список використаної літератури.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Характеристика об'єкта	10.05.19
2	Аналіз електропостачання об'єкта	13.05.19
3	Модернізація об'єкта	21.05.19
4	Виконання креслень	05.06.19
5	Оформлення пояснювальної записки	10.06.19

Студента

(підпис)

В.В. Захарченко

Керівник роботи

(підпис)

С.М. Лебедка

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с. 52, рис. 2, табл. 17, джерела літератури 11, креслень 3.

Об'єкт дослідження: електропостачання Білопільської ділянки вагового депо «Основа».

Мета роботи: розроблення оптимальної системи електропостачання .

Під час роботи зібрані вихідні дані: однолінійна схема електропостачання підприємства, електричні навантаження, категорія надійності електропостачання електроприймачів, схема живлення трансформаторної підстанції, напруга на шинах джерела живлення, дані для розрахунку струмів короткого замикання.

Результатом роботи є вибір конструктивне виконання цехової силової мережі, розрахунок електричних навантажень підприємства, вибір кількості та потужності трансформаторів трансформаторної підстанції, розрахунок електричних навантажень цеха на різних рівнях електропостачання, вибір перерізу провідників понад і до 1 кВ, розрахунок струмів трифазного та однофазного короткого замикання, вибір автоматичних вимикачів до 1 кВ.

ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧ, ЕЛЕКТРОУСТАНОВКА, ЕЛЕКТРИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ПІДСТАНЦІЯ, КАБЕЛЬ, ПЕРЕРІЗ, МЕРЕЖА, ТРАНСФОРМАТОР, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, АВТОМАТИ.

Зміст

Вступ.....	4
1. Характеристика об`єкту проектування.....	6
2. Визначення розрахункових електричних навантажень котельні Білопільської дільниці вагового депо.....	7
2.1. Світлотехнічний розрахунок системи освітлення	7
2.2. Визначення розрахункових електричних навантажень котельні Білопільської дільниці вагового депо	9
2.3. Розрахунок пікових струмів	13
3. ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІ	14
3.1. Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції.....	15
4. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ	19
4.1. Вибір перерізу кабельної лінії 6 кВ	19
4.2. Вибір перерізу провідників живлячої мережі напругою до 1 кВ	21
4.2.1. Вибір перерізу провідників	21
5. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КЗ	24
5.1. Розрахунок струмів трифазного КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ.....	25
5.2. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання	31
6. ВИБІР ПУСКОВОЇ І ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ.....	33
6.1. Вибір автоматів	33
6.1.1. Вибір автоматичних вимикачів введення	34
6.1.2. Вибір секційного автоматичного вимикача	37
6.1.3. Вибір лінійних автоматичних вимикачів	40
6.1.4. Вибір автоматичних вимикачів до електроприймачів	43
7. Охорона праці та електробезпека.....	46
7.1 Організація охорони праці на підприємстві.....	46
7.2 Електробезпека приміщень. Охорона праці при виконанні робіт в майстерні.....	47
7.3 Протипожежна безпека.....	49
Висновок	51
Література.....	52

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Захарченко В.В.			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Лебеда С.М.			3			
Реценз.					СумДУ ЕТ-51			
Н. Контр.								
Затверд.								

Вступ

Питання, пов'язані з електропостачанням, завжди залишатимуться актуальними. Лише за умови надійного забезпечення якісною електроенергією можливе стабільне функціонування промисловості, сільського господарства, транспорту, комунального господарства та й усіх інших сфер життєдіяльності суспільства.

Однією з ознак сьогодення є не лише зростанням попиту на електроенергію, але й підвищення вимог до її якості, надійності електропостачання, забезпечення більш дієвих заходів безпеки та ін. відповідно до цього змінюються і нормативні документи, що встановлюють правила обладнання і технічної експлуатації окремих електричних апаратів, електроустановок, мереж та систем у цілому. Удосконалюються методики розрахунку вибору як окремих електричних апаратів, так і електронних комплексів. На протязі останніх років розроблена та успішно впроваджена велика кількість принципово нових електротехнічних пристроїв та схемних рішень.

Парк електрообладнання щорічно поповнюється та оновлюється і стає більш досконалим за енергетичними характеристиками. Але разом з цим у господарствах різних галузей зростає споживання електроенергії, що спонукає до постійної роботи по впровадженню новітніх енергозберігаючих технологій, реорганізації робочих процесів у самих енергетичних підприємствах.

Більше ніж десять відсотків усієї вироблюваної в країні електроенергії споживає сільське господарство України а за сумарною потужністю, кількістю і номенклатурою використовуваного електрообладнання воно займає одне з провідних місць серед галузей народного господарства.

Окрім росту кількості використовуваних електроустановок, в електрифікації сільського господарства відбуваються якісні зміни електроенергетичної бази. Так, усі об'єкти, що належать до першої категорії за забезпеченням електроенергією, мають складні мережі внутрішнього і зовнішнього електропостачання від кількох трансформаторних підстанцій, приєднаних до різних районних електромереж до

						Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найпростішої одно-трансформаторної підстанції. В основних технологічних процесах задіяна велика кількість – електродвигунів, електронагрівальних, освітлювальних і випромінюваних установок, складних систем автоматики і пускозахистної апаратури.

Досвід електрифікації комунального господарства показує, що експлуатаційна надійність електрообладнання поки що не задовольняє достатньою мірою вимоги виробництва таким чином першочерговим завданням для енергетиків є вжиття заходів щодо підвищення надійності електропостачання, збільшення обсягів електромонтажного будівництва, зміцнення виробничої бази енергетичної служби, зокрема кадрами, вирішення питань матеріально-технічного забезпечення робіт, пов'язаних з подальшим розвитком електрифікації і експлуатацією електричних та теплотехнічних установок в промисловому виробництві.

Поліпшення експлуатації електрообладнання є одним з головних завдань на сучасному етапі електрифікації промислових господарств. Тому серед заходів, що забезпечують зниження інтенсивності відказів електрообладнання, важливе значення надається захисту електроустановок при аварійних режимах, впровадженню найбільш перспективної системи технічного обслуговування і ремонту електрообладнання.

						Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Характеристика об'єкту проектування.

Білопільська дільниця вагонного депо - це сучасне високотехнологічне підприємство, розташоване на залізничній дистанції в місті Білопілья Україна, що має всю необхідну інфраструктуру для ремонту і будівництва пасажирських і вантажних вагонів.

Виробничі потужності підприємства включають в себе:

- заготівельне виробництво, яке складається з комплексу виробничих корпусів, в яких розміщені ковальсько-механічний, ливарно-механічний і комплектувальних ділянки;

- складальне виробництво пасажирських вагонів;

- комплекс робіт з підготовки і фарбування вагонів;

- колісно-Возовий цех;

- ділянку по ремонту залізничної техніки;

- допоміжні підрозділи, які підтримують в працездатному стані виробничі процеси;

- центральна заводська лабораторія;

- службу логістики, що включає в себе ділянку ж / д транспорту, ділянка електротранспорту та автогараж.

У виробничих процесах ремонту пасажирських і будівництві нових вантажних вагонів використовуються сучасні технології та високопродуктивне обладнання як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва.

Складське господарство, яке складається з комплексу споруд, дозволяє обробляти і своєчасно забезпечувати виробничі процеси необхідними матеріалами та комплектуючими.

Заготівельне виробництво оснащено необхідним обладнанням, яке дозволяє виробляти деталі та комплектуючі як для пасажирського виробництва, так і для зварювально-складального цеху вантажних вагонів. У складі складального виробництва пасажирських вагонів є вся необхідна інфраструктура, обладнання та оснащення, яка дозволяє здійснювати всі існуючі види ремонту, в тому числі з продовженням терміну служби.

						Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Визначення розрахункових електричних навантажень котельні Білопільської дільниці вагового депо

При розрахунку силових навантажень важливе значення має правильне визначення електричного навантаження в усіх елементах силової мережі. Завищення навантаження може привести до перевитрати провідникового матеріалу, здорожчання будівництва; зниження навантаження - до зменшення пропускної спроможності електричної мережі і неможливості забезпечення нормальної роботи силових електроприймачів.

Розрахунок розпочинають з визначення номінальної потужності кожного електроприймача незалежно від його технологічного процесу середньої потужності: потужності, витраченій впродовж найбільш завантаженої схеми, і максимальної розрахункової потужності ділянки, цеху, заводу або об'єкту. Номінальна потужність - це корисна потужність електроприймача, що здійснює роботу. Вона вказується в паспортних даних цих електроустановок, електродвигунів, печей опору, реактивних печей, силових і пічних трансформаторів та ін.

2.1. Світлотехнічний розрахунок системи освітлення

На ділянці Білопільської дільниці вагового депо використовуються усі три види штучного освітлення: робоче, аварійне, евакуаційне. Метою розрахунку є визначення числа і типу джерел освітлення і їх розміщення. Призначення освітлювальної установки штучного освітлення - забезпечити можливість роботи при недостатності природного освітлення, а так само забезпечення безпеки людей в процесі роботи і при їх евакуації у разі аварії робочого освітлення. Розрахунок освітлювальної установки зробимо методом коефіцієнта використання світлового потоку. Світловий потік однієї лампи у світильнику визначається за формулою:

$$F_{л} = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta_{л}}$$

де $F_{л}$ – світловий потік лампи, лм;

E_{min} – мінімальна споживана освітленість, лк;

					Арк.
					7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

k – коефіцієнт запасу, $k = 1,5.2$;

S – площа приміщення, $м^2$;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

N – кількість світильників, шт.;

n – кількість ламп в світильнику, шт.;

η_l – коефіцієнт використання світлового потоку.

З данної формули виразимо кількість світильників :

$$N = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{F_3 \cdot n \cdot \eta_l}$$

де $F_l = 2500$ лм – освітлення виконуємо лампами потужністю 30 Вт;

$E_{min} = 190$ лк – зорова робота середньої точності;

$k = 1,1$ – коефіцієнт запасу для світлодіодних ламп;

$S = 135 м^2$ – площа приміщення, $м^2$;

$Z = 1,1$ – коефіцієнт нерівномірності освітлення для світлодіодних ламп;

$n = 1$ – кількість ламп в світильнику, шт.;

$\eta_l = 0,7$ коефіцієнт використання світлового потоку для світильників з енергозберігаючими лампами.

Тоді

$$N = \frac{190 \cdot 1,1 \cdot 135 \cdot 1,1}{2500 \cdot 1 \cdot 0,7} = 17,73 \text{ шт}$$

Приймаємо кількість світильників $N = 18$.

Світильники розміщуємо в три ряди.

Із цієї формули отримаємо значення фактичної освітленості:

$$E_f = \frac{2500 \cdot 18 \cdot 1 \cdot 0,7}{1,1 \cdot 135 \cdot 1,1} = 192,83 \text{ Лк}$$

Фактичне освітлення задовольняє мінімальні вимоги, т.е. $E_f > E_{min}$.

Окрім робочого освітлення, нормами передбачається установка аварійного, евакуаційного і охоронного освітлення. Аварійне освітлення призначається для продовження робіт там, де у разі відсутності робочого освітлення може порушуватися технологія, з'явитися небезпека вибуху, пожежі. Найменша

					Арк.
					8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

освітленість робочої поверхні при цьому повинна складати 5 % від робочого освітлення, але не менше 2 лк в приміщенні і 1 лк на території підприємства. Евакуаційне освітлення передбачають для безпечної евакуації людей з приміщень. Це освітлення повинне забезпечувати освітленість 0,5 лк на підлозі або сходах і 0,2 лк на землі.

2.2. Визначення розрахункових електричних навантажень котельні Білопільської ділянки вагового депо

Дані про споживачів силової мережі наводяться в таблиці 2.1.

№ п/п, назва вузла	Назва електроприймачів	Встановлена потужність одного електроприймача, кВт
СРШ1: 1-2	Котел 1-2	32,84
СРШ1: М1.1...М4.2	Насос	33,6
СРШ2	Допоміжне обладнання	2,6
СРШ2	ШР2...ШР3	16,9

Разрахункова електрична навантаження мережі освітлення наводиться в таблиці 2.2.

Розрахунок електричного навантаження мережі освітлення	
P, кВт	Q, кВАр
1,32	0

СРШ1:

$$P_{сп1} = 16,42 * 2 + 16,8 * 2 = 66,44 \text{ кВт};$$

СРШ2:

$$P_{сп2} = 2,6 + 16,9 = 19,5 \text{ кВт};$$

Загальна потужність по ділянці

$$P_{сп} = 16,42 + 16,42 + 33,6 + 2,6 + 16,9 = 85,94 \text{ кВт}$$

					Арк.
					9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Приведемо схему живлення електроприймачів механічної ділянки цеху на рис. 2.1.

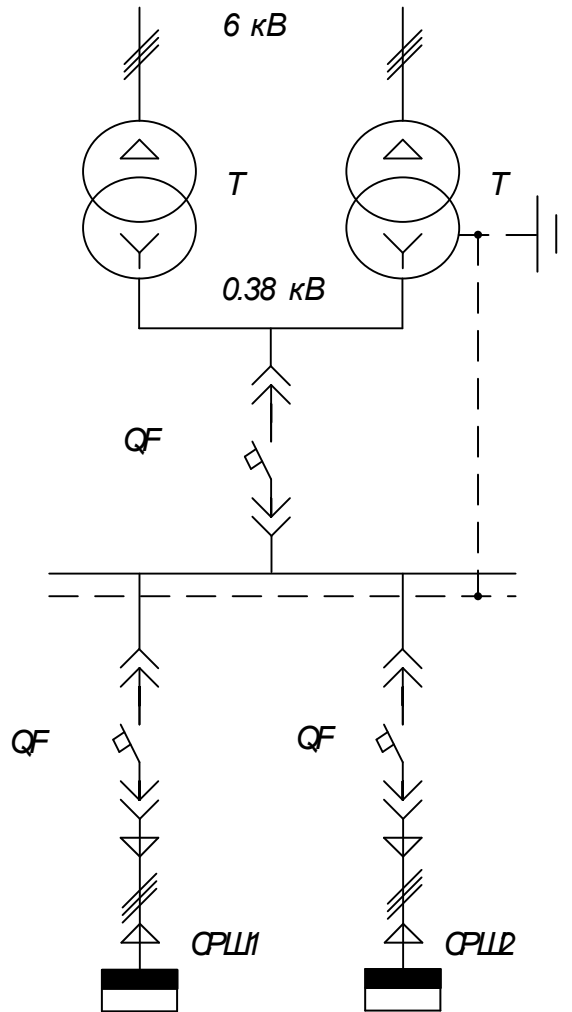


Рисунок 2.1 – Схема живлення електроприймачів котельні Білопільської дільниці вагового депо

Вибираємо коефіцієнти використання для кожної групи споживачів: Насоси, компресори, двигуни-генератори, вентилятори - 0,7; освітлення (лампи розжарювання) - 0,85. Знаходимо коефіцієнт використання для групи електроприймачів за формулою:

$$K_{\text{иГР}} = \frac{\sum_{i=1}^n k_u p_{\text{Hi}}}{\sum_{i=1}^n p_{\text{Hi}}}$$

Для CPШ1:

$$K_{\text{иГР1}} = \frac{16,42 \times 0,7 \times 2 + 16,8 \times 0,7 \times 2}{66,44} = 0,7$$

					Арк.
					10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Для СРШ2:

$$K_{иГР2} = \frac{2,6 \times 0,85 + 16,9 \times 0,85}{19,5} = 0,85$$

Загальний коефіцієнт використання для групи електроприймачів:

$$K_{иГР} = \frac{66,44 \times 0,7 + 19,5 \times 0,85}{85,94} = 0,85$$

Вибираємо коефіцієнти потужності $\cos\varphi$.

Розраховуємо значення $\operatorname{tg}\varphi$ для кожного споживача за отриманим значенням, а для усієї групи за формулою:

$$\operatorname{tg}\varphi_{\Sigma} = \frac{\sum_{i=1}^n k_u p_{hi} \operatorname{tg}\varphi}{\sum_{i=1}^n p_{hi}} = 1,20$$
$$\cos \varphi_{\Sigma} = 0,64$$

Розрахуємо активні потужності, які використовувалися :

Для СРШ1:

$$P_1 = P_{ГР1} K_{иГР1} = 66,44 \times 0,7 = 46,5 \text{ кВт}$$

Для СРШ2:

$$P_2 = P_{ГР2} K_{иГР2} = 19,5 \times 0,85 = 16,57 \text{ кВт}$$

Загальна розрахункова активна потужність:

$$P_d = 46,5 + 16,57 = 63,07 \text{ кВт}$$

Розрахуємо реактивні потужності, які використовувалися за формулою :

$$Q = \sum k_u p_n \operatorname{tg} \varphi, \text{ кВАр}$$

Для СРШ1:

$$Q_1 = 46,5 \times 1,2 = 55,8 \text{ кВАр}$$

Для СРШ2:

$$Q_2 = 16,57 \times 1,2 = 19,848 \text{ кВАр}$$

Загальна розрахункова реактивна потужність:

$$Q_d = 55,8 + 19,85 = 75,65 \text{ кВАр}$$

Визначимо повну розрахункову потужність за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

					Арк.
					11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Для СРШ1:

$$S_{p1} = \sqrt{46,5^2 + 55,8^2} = 72,63 \text{ кВА}$$

Для СРШ2:

$$S_{p2} = \sqrt{16,57^2 + 19,85^2} = 25,65 \text{ кВА}$$

Загальна повна розрахункова потужність:

$$S_{pd} = \sqrt{63,07^2 + 75,65^2} = 98,47 \text{ кВА}$$

Визначимо розрахунковий струм за формулою:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \times U_H}$$

Для СРШ1:

$$I_{p1} = \frac{72,63}{\sqrt{3} \times 0,38} = 110,34 \text{ А}$$

Для СРШ2:

$$I_{p2} = \frac{25,65}{\sqrt{3} \times 0,38} = 38,97 \text{ А}$$

Загальний розрахунковий струм по ділянці:

$$I_{pd} = \frac{98,47}{\sqrt{3} \times 0,38} = 149,6 \text{ А}$$

Розрахункові данні вносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункові дані для всієї групи електроприймачів

Найменування	Розрахункова потужність			Розрахунковий струм, А
	Активна, кВт	Реактивна, кВАр	Повна, кВА	
СРШ1	46,5	55,8	72,63	110,34
СРШ2	16,57	19,85	25,65	38,97
Всього по ділянці	63,07	75,65	98,47	149,6

2.3 Розрахунок пікових струмів

При розрахунку пікових навантажень для магістралі, до якої приєднані силові розподільні шафи (СРШ1, СРШ2) від яких живляться електроприймачі (ЕП). Найпотужніший ЕП - *Kotel Vuderus Logano S825L* номінальною потужністю 16,4 кВт, для якого з довідкових даних приймається коефіцієнт активної потужності $\cos\varphi = 0,64$, коефіцієнт використання $k_u = 0,7$.

Номінальний струм ЕД визначається як:

$$I_{\text{ном. макс}} = \frac{P_{\text{ном. д}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном. д}} \cos \varphi_{\text{ном. д}} \eta_{\text{ном. д}}} = \frac{16,4 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380 \times 0,64 \times 1} = 38,93 \text{ A}$$

А його пусковий струм визначається за формулою:

$$I_{\text{пуск}} = k_{\text{пуск}} I_{\text{ном. макс}}$$

де $k_{\text{пуск}}$ - коефіцієнт пуску

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними. В паспортних даних котельної установки пусковий струм відносно номінального струму приймається 5-кратною.

Тоді:

$$I_{\text{пуск макс}} = 5 \times 38,93 = 194,65 \text{ A}$$

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП визначаються за формулою:

$$I_{\text{пik}} = k_{\text{пуск макс}} + (I_p - k_u I_{\text{ном. макс}}) = 194,65 + (149,6 - 0,7 \times 38,93) = 316,99 \text{ A}$$

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР КІЛЬКОСТІ ТА ПОТУЖНОСТІ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЦЕХОВОЇ ТРАНСФОРМАТОРНОЇ ПІДСТАНЦІЇ

Цехова трансформаторна підстанція (ЦТП) - це підстанція з первинною напругою 6 - 10 кВ, яка перетворює електроенергію на напругу до 1 кВ (наприклад 0,66 кВ або 0,38/0,22 кВ) і безпосередньо живить споживачів одного або декількох цехів або частину великого цеху. Кількість трансформаторів для однієї ЦТП визначається:

- заданим рівнем надійності електроприймачів (ЕП);
- потужністю електроприймачів.

Одинтрансформаторні цехові ПС застосовують за наявності ЕП 3-ої категорії надійності які допускають перерву електропостачання на час доставки трансформаторів із складського резерву. У разі, коли переважають ЕП 3-ої категорії, але є ЕП 2-ої категорії, здійснюється взаємне резервування на стороні низької напруги (НН) між сусідніми ТП, які отримують живлення від різних секцій джерела живлення або різних джерел живлення. При резервуванні кабельною перемичкою передбачається резерв в об'ємі 15-30% номінальної потужності трансформатора $S_{ном.Т}$ і 35-40% $S_{ном.Т}$ при резервуванні шинною перемичкою між кінцями двох магістралей НН у разі схеми блоку трансформатор-магістраль (БТМ).

Двотрансформаторні цехові ПС застосовують при більшості ЕП 1-ої категорії і наявності ЕП особливої групи, для цехів з великою питомою щільністю навантажень (більше ніж $0,5 \text{ кВА/м}^2$), для зосереджених навантажень, для окремо розміщених об'єктів загальнозаводського призначення (компресорні і насосні станції), а також при нерівномірних добових графіках навантажень. Для цих ПС також потрібний складський резерв у разі ушкодження одного трансформатора. На час заміни пошкодженого трансформатора, той, який залишився в роботі, повинен забезпечити електропостачання усіх ЕП 1-ої категорії надійності. Цехові ПС з кількістю трансформаторів більше двох застосовують тільки при обґрунтуванні, а також при установці окремих трансформаторів для живлення силових і освітлювальних навантажень.

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1. Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Розрахункове навантаження на шинах НН ЦТП потрібне для вибору номінальної потужності трансформаторів і розрахунку потужності приладів компенсації реактивної потужності споживача. До розрахункової активної P_P і реактивної Q_P навантажень силових ЕП треба додати розрахункову активну $P_{p.o}$ і реактивну $Q_{p.o}$ навантаження загального робочого освітлення і аварійного освітлення ($P_{p.a.o}$, $Q_{p.a.o}$).

Початкові дані для визначення розрахункового навантаження цехової ТП приведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для визначення розрахункової навантаження цехової ТП

Розрахункові навантаження силових ЕП		Розрахункові навантаження мережі освітлення		Розрахункові навантаження аварійної мережі освітлення	
P_P , кВт	Q_P , кВАр	$P_{p.o}$, кВт	$Q_{p.o}$, кВАр	$P_{p.a.o}$, кВт	$Q_{p.a.o}$, кВАр
63,1	75,65	4,2	0	1,11	0

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою:

$$P_{P.ЦТП} = P_P + P_{p.o} + P_{p.a.o} = 63,1 + 4,2 + 1,11 = 68,41 \text{ кВт}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження ЦТП визначається за формулою:

$$Q_{P.ЦТП} = Q_P + Q_{p.o} + Q_{p.a.o} = 75,65 + 0 + 0 = 75,65 \text{ кВАр}$$

Загальне розрахункове повне навантаження ЦТП визначається за формулою:

$$S_{P.ЦТП} = \sqrt{P_{P.ЦТП}^2 + Q_{P.ЦТП}^2} = \sqrt{68,41^2 + 75,65^2} = 101,99 \approx 102 \text{ кВА}$$

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{P.ЦТП} = \frac{S_{P.ЦТП}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{102 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 154,97 \text{ А}$$

Результати розрахунків наводяться в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Розрахункові навантаження цехової ТП

Розрахункові навантаження			Розрахунковий струм
$P_{P.ЦТП}$	$Q_{P.ЦТП}$	$S_{P.ЦТП}$	$I_{P.ЦТП}$
68,41	75,65	102	154,97

При 3-х і менше трансформаторах їх стандартну номінальну потужність вибирають за формулою:

$$S_{ном.Т} \geq S_{ном.Т.р} = \frac{P_p}{N \beta_T},$$

де $S_{ном.Т.р}$ - повна номінальна розрахункова потужність трансформатора;

P_p – розрахункове активне навантаження цехової ТП;

N – кількість трансформаторів ПС;

β_T – коефіцієнт завантаження трансформатора цехової ТП.

Рекомендується приймати такі коефіцієнти завантаження трансформаторів:

1) за перевагою ЕП 1-ої категорії надійності для двотрансформаторних ПС

$$\beta_T = 0,65 - 0,7$$

2) за перевагою ЕП 2-ої категорії надійності для одинтрансформаторних ПС

зі взаємним резервуванням трансформаторів на стороні НН $\beta_T = 0,7 - 0,8$

3) за перевагою ЕП 2-ої категорії надійності для одинтрансформаторних ПС

у разі наявності складського резерву, а також для ЕП 3-ої категорії надійності

$$\beta_T = 0,9 - 0,95$$

У наш час для живлення ЕП 2-ої категорії надійності, а також ЕП 2-ої і 3-ої категорій надійності також застосовують двотрансформаторні ПС. Якщо приймати коефіцієнти завантаження трансформаторів $\beta_T > 0,7$, то в цьому випадку з урахуванням допустимого перевантаження трансформаторів, вони

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

можуть вимкнути частину ЕП 3-ої категорії надійності. Таким чином, вибираємо двотрансформаторну ПС і коефіцієнт завантаження трансформатора $\beta_T > 0,65$

Отже, номінальна потужність трансформатора буде рівна:

$$S_{ном.Т} \geq S_{ном.Т.р} = \frac{68,41 \times 10^3}{2 \times 0,65} = 52,62 \text{ кВА}$$

З довідкових матеріалів вибираємо два трансформатори номінальною потужністю $S_{ном.Т} = 160$ кВА типу ТМ160/6. Це трифазний масляний двообмоточний трансформатор для комплектних трансформаторних підстанцій (КТП). Комплектні трансформаторні підстанції поставляються із заводівповністю зібраними або підготовленими для складання. КТП застосовують в постійних, а також в тимчасових електроустановках промислових підприємств, оскільки вони транспортабельні і прості для монтажу і демонтажу, що дозволяє перевозити їх на інші об'єкти. Комплектні трансформаторні підстанції виготовляють для внутрішньої (КТП) і зовнішньої (КТПН) установок; вони можуть бути закритими і відкритими. У КТП і закритих КТПН у яких усе електроустаткування і відкриті струмоведущі частини знаходяться усередині корпусу, передбачається установка одного-двох трансформаторів потужністю не більше 1 МВА напругою 6-10/0,4-0,23 кВ. У відкритих КТПН встановлюють трансформатори потужністю до 10 МВА з первинною напругою 220, 110, 35, 10 і 6 кВ і вторинною напругою 6-10 або 0,4-0,23 кВ. Розміри КТП менше розмірів звичайних підстанцій тих же схем і потужностей, що дозволяє розмішувати їх близько до центру навантаження.

У КТП комутаційна і захисна апаратура має звичайне виконання. КТП напругою 6-10/0,4-0,23 кВ найширше застосовують для безпосереднього електропостачання промислових об'єктів установок. Такі підстанції встановлюють в цехах і інших приміщеннях у безпосередній близькості від споживачів, що значно спрощує і здешевлює розподільну мережу, що йде до струмоприймачів, і дає можливість виконувати її досконаліми (у конструктивному відношенні) магістральними (ШМА) і розподільними (ШРА) шинопроводами. КТП внутрішньої установки складаються з трьох основних

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементів: ввідного пристрою (6-10 кВ), силового трансформатора і розподільного пристрою (0,4 кВ).

Дані трансформатора приведемо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Технічних даних трансформатора ТМ- 160/6

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВВ	НН	ХХ	КЗ		
ТМ-160/6	160	6	0,4	0,51	2,65	4,5	2,4

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

4 ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

4.1. Вибір перерізу кабельної лінії 6 кВ

У дипломній роботі вибору підлягає переріз кабельної лінії напругою 6 кВ, яка сполучає трансформатори цехової ПС з шинами РП. Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, повинен відповідати їх роботі в нормальному, аварійному, форсованому (перевантаження) режимах системи електропостачання. Вибір перерізу провідників в загальному випадку визначають по економічній щільності струму, електродинамічної стійкості і механічної міцності. Виберемо переріз кабелю напругою 6 кВ, який живить від шин РП двотрансформаторну КТП з номінальною потужністю трансформатора $S_{ном.Т} = 160$ кВА.

Резервування на стороні НН не передбачено. Прийmemo кількість годин використання максимуму навантаження за рік $T_{макс} = 3500$ ч/год, коефіцієнт допустимого перевантаження кабелю $K_{пер} = 1$, марку кабелю ААШв, прокладку кабелю передбачити в каналі усередині блоку цехів при температурі довкілля (повітря) $T_{ср} = 30^{\circ}\text{C}$, початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ в максимальному режимі на шинах РП $I_{н.о} = 6$ кА.

Визначимо номінальний первинний струм трансформатора:

$$I_{ном.Т} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3}U_{ном.Т}} = \frac{160 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6 \times 10^3} = 15,39 \text{ А}$$

Для кабелів з паперовою ізоляцією з алюмінієвими жилами при $T_{макс} = 3500$ ч/год з довідкових матеріалів економічна щільність струму $J_{ЭК} = 1,4$ А/мм².

Розрахуємо економічно вигідний переріз кабелю в нормальному режимі роботи :

$$S_{ЭК} = \frac{I_{ном.Т}}{J_{ЭК}} = \frac{15,39}{1,4} = 10,99 \text{ мм}^2$$

Вибираємо найближчий стандартний переріз кабелю $S_{ЭК} = 35$ мм².

					Арк.
					19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

При нормованій тривало допустимій температурі кабелю марки ААШв напругою 6 кВ з довідкових матеріалів $T_{ж.н} = 65^{\circ}\text{C}$, нормованою тривало допустимій температурі середовища $T_{ср.н} = 25^{\circ}\text{C}$ і фактичній температурі довкілля $T_{ср} = 30^{\circ}\text{C}$ поправочний коефіцієнт на температуру довкілля визначається за формулою:

$$K_{ср} = \sqrt{\frac{T_{ж.н} - T_{ср}}{T_{ж.н} - T_{ср.н}}} = 0,94.$$

Поправочний коефіцієнт на кількість кабелів при прокладенні кабелю усередині приміщення цеху приймається $K_{пр} = 1$.

З таблиці довідкових матеріалів для трижильних кабелів марки ААШв напругою 6 кВ і перерізом жили 35мм^2 при прокладенні в повітрі допустимий тривалий струм $I_{доп} = 70\text{ А}$ за формулою:

$$I'_{доп} = K_{ср}K_{пр}I_{доп} = 0,94 \times 1 \times 70 = 65,8\text{ А}$$

За початковими даними резервування на стороні НН не передбачено, тому приймається коефіцієнт допустимого резервування $K_{рез} = 1$.

Умова перевірки перерізу кабелю в режимі максимального навантаження виконується за формулою:

$$I'_{доп}K_{пр} \geq K_{рез}I_{ном.Т} = 1 \times 65,8 > 1 \times 15,39 = 65,8 > 15,39\text{ А}$$

З таблиці довідника для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами і паперовою ізоляцією при напрузі 6 кВ приймається температурний коефіцієнт $C = 92^{Ac1/2} / \text{мм}^2$. Дійсний час КЗ приймається $t = 0,2\text{ с}$.

Найменший переріз кабелю, який є терmostійким до струмів КЗ, визначається за формулою:

$$S_{мин} = \frac{I_K \sqrt{t}}{C} = \frac{6 \times 10^3 \sqrt{0,2}}{92} = 29,2\text{ мм}^2$$

Таким чином, $S_{ст} = 35\text{ мм}^2 > S_{мин} = 29,2\text{ мм}^2$. Тому, остаточно вибираємо кабель ААШв- 6 (3х35).

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2. Вибір перерізу провідників живлячої мережі напругою до 1 кВ

У електричних мережах напругою до 1 кВ переріз живлячих мереж в основному вибирають за умовами нагріву або по економічній щільності струму тільки у разі великої кількості годин використання максимуму навантаження (вище 4000 - 5000 годин), яке в цехових електричних мережах буває дуже рідко. Основною умовою вибору перерізу провідників є величина нагріву їх електричним струмом в нормальному, форсованому і аварійному режимах. Якщо температура нагріву перевищить допустиму, то залежно від величини перевищення і тривалості часу елемент може бути пошкоджений, що приведе до порушення нормальної роботи системи, а у гіршому разі може привести до пожежі. Тому для усіх видів провідників і умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрів, який визначається двома ефектами теплової дії: максимально допустимою температурою і тепловим зносом ізоляції для цього режиму і класу ізоляції.

4.2.1. Вибір перерізу провідників

Виберемо переріз кабелів живлячої мережі механічної ділянки цеху для схеми живлення, яка приведена на Рисунку 2. Застосуємо марку кабелю ВВГ, приймемо фактичну температуру довкілля $T_{cp} = 30^{\circ}\text{C}$.

Для кабелю марки ВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією з довідкових матеріалів нормована тривало допустима температура жили $T_{ж.н} = 70^{\circ}\text{C}$, нормована температура середовища при прокладенні в повітрі $T_{cp.н} = 25^{\circ}\text{C}$. Тоді поправочний коефіцієнт на температуру довкілля визначається за формулою:

$$K_{cp} = \sqrt{\frac{T_{ж.н} - T_{cp}}{T_{ж.н} - T_{cp.н}}} = 0,94.$$

З таблиці 1.3.3 ПУЕ поправочний коефіцієнт на температуру довкілля також $K_{cp} = 0,94$.

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При прокладенні кабелю усередині приміщення цеху поправочний коефіцієнт $K_{np} = 1$.

Для вводу від ящика обліку ЯУР до щита розподільчого ШР1

З попередніх розрахунків струм $I_{рд} = 149,6 \text{ A}$

З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили $S_{ст} = 50 \text{ мм}^2$ допустимий струм $I_{дон} = 177 \text{ A}$.

За формулою:

$$I'_{дон} = K_{cp} K_{np} I_{дон} = 0,94 \times 1 \times 177 = 166,38 \text{ A}$$

Таким чином, $I'_{дон} = 166,38 \text{ A} > I_{рд} = 149,6 \text{ A}$ Умова виконується.

Обираємо чотирижильний кабель ВВГ(4х50).

Для СРШ1

З попередніх розрахунків струм $I_{р1} = 110,34 \text{ A}$

З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили $S_{ст} = 10 \text{ мм}^2$ допустимий струм $I_{дон} = 66 \text{ A}$.

За формулою:

$$I'_{дон} = K_{cp} K_{np} I_{дон} = 0,94 \times 1 \times 66 = 62,04 \text{ A}$$

Таким чином, $I'_{дон} = 62,04 \times 2 = 124,08 \text{ A} > I_{р1} = 110,34 \text{ A}$ Умова виконується.

Обираємо два чотирижильний кабель ВВГ(4х10) на два котли.

До насосів мережевої води системи опалення $I_p = 32 \text{ A}$

З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили $S_{ст} = 10 \text{ мм}^2$ допустимий струм $I_{дон} = 66 \text{ A}$.

За формулою:

$$I'_{дон} = K_{cp} K_{np} I_{дон} = 0,94 \times 1 \times 66 = 62,04 \text{ A}$$

Таким чином, $I'_{дон} = 62,04 \text{ A} > I_{р1} = 32 \text{ A}$ Умова виконується.

Обираємо чотирижильний кабель ВВГ(4х10).

					Арк.
					22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Для насосів менше 1 А, керуючих клапанів, пультів контролю $I_p \Rightarrow 1A$

З табличних даних для трижильного кабелю при прокладенні в повітрі із стандартним перерізом струмопровідною жили $S_{ст} = 1,5 \text{ мм}^2$ допустимий струм $I_{дон} = 19 \text{ А}$.

За формулою:

$$I'_{дон} = K_{cp} K_{np} I_{дон} = 0,94 \times 1 \times 19 = 17,86 \text{ А}$$

Таким чином, $I'_{дон} = 17,86 \text{ А} > I_{p1} = > 1 \text{ А}$ Умова виконується.

Обираємо чотирижильний кабель ВВГ(4х1,5).

Таблиця 4.1 Вибір перерізу кабелів живлячої мережі Котельні

Кабель до ПРЕ	$S_{ст}, \text{ мм}^2$	$I_{дон} \text{ А}$	$I_p, \text{ А}$	Тип кабелю
Від ЯУР до ШР1	50	177	149,6	ВВГ(4×50)
Від ШР1 до Котлів	10	66	55,17	ВВГ(4×10)
Від ШР1 до насосів мережевої води	10	66	32	ВВГ(4×10)
Від ШР1 до насосів менше 1 А, керуючих клапанів, пультів контролю	1,5	19	1	ВВГ(4×1,5)
Від ШР1 до ШР2	10	66	15,2	ВВГ(5×10)
Від ШР1 до ШР3	10	66	7,7	ВВГ(5×10)

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КЗ

У електричних установках можуть виникати різні види коротких замикань, що супроводжуються різким збільшенням струму. Тому електроустаткування, що встановлюється в системах електропостачання, має бути стійким до струмів короткого замикання і вибиратися з урахуванням величин цих струмів.

Розрізняють наступні види коротких замикань: трифазне, або симетричне, - три фази з'єднуються між собою; двофазне - дві фази з'єднуються між собою без з'єднання із землею; однофазне - одна фаза з'єднується з нейтраллю джерела через землю; подвійне замикання на землю - дві фази з'єднуються між собою і із землею.

Головними причинами виникнення таких коротких замикань в мережі можуть бути: ушкодження ізоляції окремих частин електроустановки; неправильні дії обслуговуючого персоналу; перекриття струмоведущих частин установки.

Коротке замикання в мережі може супроводжуватися: припиненням живлення споживачів, приєднаних до точок, в яких сталося коротке замикання; порушенням нормальної роботи інших споживачів, підключених до неушкоджених ділянок мережі, внаслідок пониження напруги на цих ділянках; порушенням нормального режиму роботи енергетичної системи.

Для відвертання коротких замикань і зменшення їх наслідків необхідно: усунути причини, що викликають короткі замикання; зменшити час дії захисту, що діє при коротких замиканнях; застосувати швидкодіючі вимикачі; застосувати АРН для швидкого відновлення напруги генераторів; правильно вичислити величини струмів короткого замикання і по них вибрати необхідну апаратуру, захист і засоби для обмеження струмів короткого замикання.

						Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1. Розрахунок струмів трифазного КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ

Для умов дипломного проекту струми КЗ визначаються тільки для одного ступеня напруги 0,4 кВ (внутрішньоцехове електропостачання). Розрахунок струмів КЗ в електричних мережах до 1 кВ здійснюється в іменованих одиницях. Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу дротів і жил кабелів, конструкцію струмопроводов, характеристики комутаційних і захисних апаратів. Тому для забезпечення раціонального проектування внутрішньоцехового електропостачання варто виконати достовірний розрахунок струмів КЗ.

Проведені дослідження струмів КЗ в електричних мережах до 1 кВ свідчать, що фактичні струми КЗ значно нижчі розрахункових.

Для вибору апаратури і захисту, перевірки селективності їх дій визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, в цьому випадку перехідні опори дуги не враховують. Для перевірки чутливості захисту знаходять мінімальний струм КЗ; при цьому враховують усі перехідні опори контактів (рубильників, автоматичних вимикачів, статутних контактів, болтових з'єднань) і опір дуги в місці ушкодження шляхом введення в схему заміщення активного опору.

При розрахунках струмів КЗ в ЕУ змінного струму напругою до 1 кВ допускається:

- 1) застосовувати спрощені методи розрахунків, якщо їх погрішність не перевищує 10 %;
- 2) максимально спрощувати і еквівалентировать усю зовнішню мережу до місця КЗ, індивідуально враховувати тільки автономні джерела і ЕД, які безпосередньо приєднані до місця КЗ;
- 3) не враховувати струми намагнічення трансформаторів;
- 4) не враховувати насичення магнітних систем електричних машин;
- 5) прийняти коефіцієнти трансформації трансформаторів, які дорівнюють співвідношенню середньої номінальної напруги (37; 20; 10,5; 6,3; 3,15; 0,69; 0,4; 0,23 кВ) тих східців мережі, які зв'язують трансформатори;

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) не враховувати СД, АД або комплексне навантаження, якщо їх сумарний номінальний струм не перевищує 1,0 % від початкового діючого значення періодичною складеною струму трифазного КЗ без урахування підживлення від ЕД або комплексного навантаження.

Розрахуємо струм трифазного КЗ в початковий момент часу і ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К1-1, К2, К2-2, К3 для схеми на рисунок 5.1.

Вхідні данні:

Система: $I_{n(0)c} = 6 \text{ кА}$, $U_{ном. ВН} = 6 \text{ кВ}$.

Трансформатор типу ТМ - 160/6, $S_{ном. Т} = 160 \text{ кВА}$, $U_{ном. ВН} = 6 \text{ кВ}$,
 $U_{ном. НН} = 0,4 \text{ кВ}$.

Автомати: QF1 PLHT-C 125/3 $I_{н.р.} = 125 \text{ А}$, QF2 CLS6-C40/3 $I_{н.р.} = 40 \text{ А}$

Трансформатори струму : ТА1 з коефіцієнтом трансформації 1000/5.

Кабельні лінії: Кб1:

ААШВ-6(3x35); $l_{кб} = 100 \text{ м}$;

Кб2 : ВВГ(4 x50); $l_{кб2} = 5 \text{ м}$;

Провід до Котла №1: ВВГ(4 x10); $l_{пр} = 25 \text{ м}$;

Базисна напруга ступеню в електричній мережі напругою до 1 кВ:

$$U_{\sigma} = 1,05 \times U_{ном. ТТ} = 1,05 \times 380 = 400 \text{ В}.$$

На рисунку 5.1 приводимо розрахункову схему для розрахунку струмів трьохфазного КЗ.

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

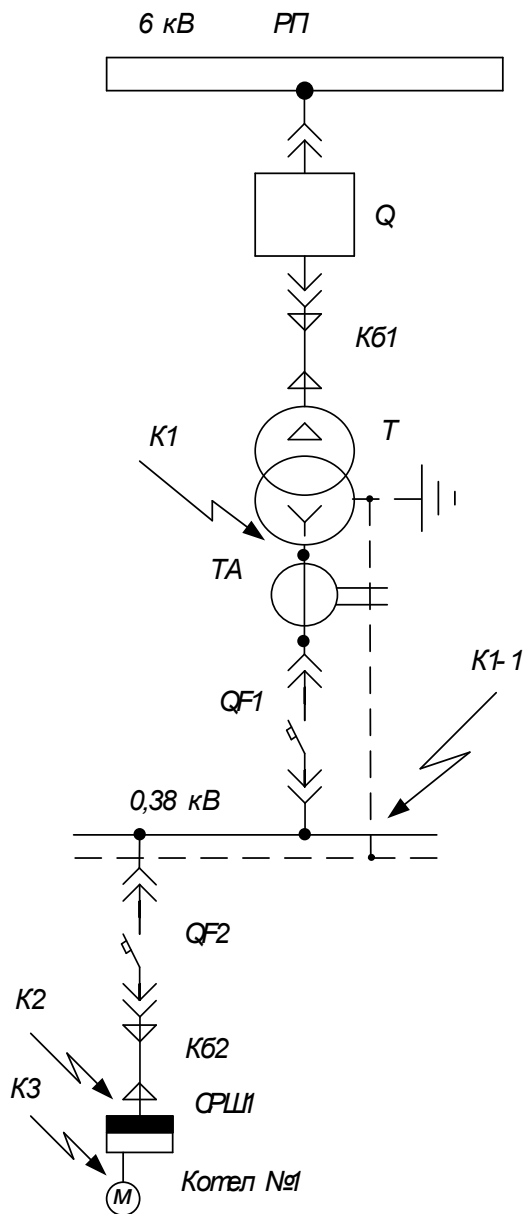


Рисунок. 5.1 - Розрахункова схема для розрахунку струмів трифазного КЗ.

1 етап. Зробимо розрахунок параметрів елементів схеми.

- 1) Індуктивний опір системи, який приведений до ступеню НН, визначається за формулою:

$$X_c = \frac{U_{\text{ном.ср.НН}}^2}{\sqrt{3} I_{\text{к.ВН}} U_{\text{ном.ср.ВН}}}$$

де $U_{\text{ном.ср.НН}}$ - середня номінальна напруга мережі, яка приєднана до обмотки НН трансформатора, В;

$U_{\text{ном.ср.ВН}}$ - середня номінальна напруга мережі, до якої приєднана обмотка ВН трансформатора, В;

					Арк.
					27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$I_{к.ВН} = I_{n(0)ВН}$ - діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у виведень обмотки ВН трансформатора, кА.

Отже:

$$X_c = \frac{400^2}{\sqrt{3} \times 6 \times 1600} = 9,62 \text{ мОм};$$

З таблиць для кабельної лінії напругою 6 кВ питомі опори такі:
 $r_{уд} = 0,894 \text{ мОм/м}$, $x_{уд} = 0,095 \text{ мОм/м}$. Активний і індуктивний опір кабельної лінії, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_{кбл} = r_{уд} l_{кбл} \frac{U_{ном.сп.НН}}{U_{ном.сп.ВН}} = 0,894 \times 100 \frac{400}{1600} = 22,35 \text{ мОм}$$

$$X_{кбл} = x_{уд} l_{кбл} \frac{U_{ном.сп.НН}}{U_{ном.сп.ВН}} = 0,095 \times 100 \frac{400}{1600} = 2,37 \text{ мОм}$$

Активне і індуктивне опори прямої послідовності трансформатора, які приведені до ступеня НН, визначаються за формулами:

$$R_T = \frac{P_{к.ном.} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}^2} 10^6$$

$$x_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100 P_{к.ном.}}{S_{ном.Т}} \right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}} 10^4 ;$$

де $P_{к.ном.}$ - номінальні втрати КЗ в трансформаторі, кВт;

$U_{ном.НН}$ - номінальна напруга обмотки НН трансформатора, кВ;

$S_{ном.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА.

З каталожних даних втрати КЗ $P_{к.ном.} = 7,6 \text{ кВт}$, напруга КЗ $u_k = 4,5\%$

Отже:

$$R_T = \frac{7,6 \times 0,4^2}{160^2} 10^6 = 47,5 \text{ мОм}$$

$$x_T = \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \times 7,6}{160} \right)^2} \times \frac{0,4^2}{160} \times 10^4 = 15,2 \text{ мОм}$$

З табличних даних для автоматичного вимикача QF1 PLHT-C 125/3 приймається $R_{a.1} = 1,3 \text{ мОм}$, $X_{a.1} = 0,7 \text{ мОм}$.

З табличних даних для ТТ (ТА1) з коефіцієнтом трансформації 1000/5 для класу точності 1 приймається $R_{ТА.1} = 0,05 \text{ мОм}$, $X_{ТА.1} = 0,07 \text{ мОм}$.

З табличних даних для автоматичного вимикача QF2 CLS6-C40/3 приймається $R_{a.2} = 7 \text{ мОм}$, $X_{a.2} = 4,5 \text{ мОм}$.

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

З табличних даних для кабельної лінії напругою до 1 кВ (Кб2) питомі опори такі:

$$r_{y0}=0,36 \text{ мОм/м}, x_{y0}=0,063 \text{ мОм/м}.$$

Активний і індуктивний опір кабельної лінії Кб2 визначаються:

$$r_{кб2}=0,36 \times 5 = 1,8 \text{ мОм/м},$$

$$X_{кб2}=0,063 \times 5 = 0,315 \text{ мОм/м}.$$

З табличних даних для дроту до Котла №1 питомі опори такі

$$r_{y0}=1,79 \text{ мОм/м}, x_{y0}=0,073 \text{ мОм/м}.$$

$$r_{np}=1,79 \times 25 = 44,75 \text{ мОм/м},$$

$$X_{np}=0,073 \times 25 = 1,85 \text{ мОм/м}.$$

Етап 2. Тепер визначимо діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ в початковий момент в різних точках схеми. 1) Визначення струму трифазного КЗ в точці К1. Сумарні опори відносно точки До визначаються так:

$$R_{\Sigma k1} = R_{кб1} + R_T = 22,35 + 47,5 = 69,85 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma k1} = X_c + X_{кб1} + X_T = 9,62 + 2,37 + 15,2 = 27,19 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma k1} = \sqrt{R_{\Sigma k1}^2 + X_{\Sigma k1}^2} = \sqrt{69,85^2 + 27,19^2} = 74,95 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} Z_{\Sigma k1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 74,95} = 3,08 \text{ кА}$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К1-1. Сумарні опори відносно точки К1-1 визначаються так:

$$R_{\Sigma k1-1} = R_{\Sigma k1} + R_{a1} + R_{TA1} + R_{k1} = 69,85 + 1,3 + 0,05 + 15 = 86,2 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma k1-1} = X_{\Sigma k1} + X_{a1} + X_{TA1} = 27,19 + 0,7 + 0,07 = 27,96 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma k1-1} = \sqrt{R_{\Sigma k1-1}^2 + X_{\Sigma k1-1}^2} = \sqrt{86,2^2 + 27,96^2} = 90,62 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K1-1(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3} Z_{\Sigma k1-1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 90,62} = 2,54 \text{ кА}$$

					Арк.
					29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Наступним етапом буде визначення струму трифазного КЗ в точці К2.

Сумарні опори відносно точки К2 визначаються так:

$$R_{\Sigma k2} = R_{\Sigma k1} + R_{a2} + R_{k\delta 2} + R_{k2} = 69,85 + 7 + 1,8 + 20 = 98,65 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma k2} = X_{\Sigma k1-1} + X_{a2} + X_{k\delta 2} = 27,96 + 4,5 + 0,315 = 32,77 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma k2} = \sqrt{R_{\Sigma k2}^2 + X_{\Sigma k2}^2} = \sqrt{98,65^2 + 32,77^2} = 103,95 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma k2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 103,95} = 2,22 \text{ кА}$$

Визначення струму трифазного КЗ в точці К2. Сумарні опори відносно точки К3 визначаються так:

$$R_{\Sigma k3} = R_{\Sigma k1} + R_{a2} + R_{k\delta 2} + R_{np} + R_{k3} = 69,85 + 7 + 1,8 + 44,75 + 25 = 148,4 \text{ мОм}$$

$$X_{\Sigma k3} = X_{\Sigma k2} + X_{np} = 32,77 + 1,85 = 34,62 \text{ мОм}$$

$$Z_{\Sigma k3} = \sqrt{R_{\Sigma k3}^2 + X_{\Sigma k3}^2} = \sqrt{148,4^2 + 34,62^2} = 152,38 \text{ мОм}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ визначається за формулою:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma k3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 152,38} = 1,51 \text{ кА}$$

Результати розрахунку струмів трифазного КЗ в початковий момент часу в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К1-1, К2, К2-2, К3 наводяться в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Результати розрахунку струмів трифазного КЗ в точках К1, К1-1, К2, К3 електричної мережі 0,4 кВ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ в початковий момент $I_{K(0)}$, кА
К1	3,08
К1-1	2,54
К2	2,22
К3	1,51

5.2. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності відключення лінії у разі пробою ізоляції і появи на корпусі устаткування потенціалу, величина якого небезпечна для життя персоналу. Тому інтерес складає мінімально можлива величина струму однофазного КЗ, яка буде у кінці ділянки, яка захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацьовування захисту (запобіжника, розчіплювача автоматичного вимикача або вимикача або запобіжника в ланцюзі 6 (10) кВ, якщо захист в ланцюзі 0,38 кВ нечутлива).

Якщо потужність живлячої енергосистеми значна, початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ рекомендується визначати за формулою:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3}}$$

де U_ϕ - фазна напруга мережі, В;

$Z_T^{(1)}$ - повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності і схеми з'єднання трансформаторів набуває з табличних даних.

З табличних даних для трансформатора з номінальною потужністю 160 кВА і схемою з'єднання обмоток трансформатора "трикутник-зірка з нейтраллю", повний опір струму однофазного КЗ. Тоді струм однофазного металевого КЗ в точці К1-1 буде рівний:

$$I_{K1-1}^{(1)} = \frac{220}{\frac{135}{3}} = 4,88 \text{ кА.}$$

З табличних даних повні питомі опори ланцюга "фаза-нуль" для чотирижильних кабелів і дротів з мідними жилами такі:

$$Z_{уд.пт.кб} = 0,78 \text{ мОм/м}; Z_{уд.пт.др} = 1,80 \text{ мОм/м};$$

Повний опір петлі "фаза-нуль" до точки К2 визначається за формулою:

$$Z_{пт.2} = Z_{кб} = Z_{уд.пт.кб} l_{кб} = 0,78 \times 5 = 3,9 \text{ мОм},$$

Струм однофазного металевого КЗ в точці К2 :

					Арк.
					31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{nm2}} = \frac{220}{\frac{135}{3} + 3,9} = 4,49 \text{ кА};$$

Повний опір петлі "фаза-нуль" до точки К3 визначається за формулою:

$$Z_{nm.3} = Z_{nm2} + Z_{nm.np} = Z_{nm2} + Z_{уд.nm.кб} l_{np} = 3,9 + 0,78 \times 25 = 23,4 \text{ мОм},$$

Струм однофазного металевого КЗ в точці К3 :

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{nm3}} = \frac{220}{\frac{135}{3} + 23,4} = 3,21 \text{ кА};$$

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1-1, К2, К3 наводяться в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в різних точках електричної мережі напругою до 1 кВ

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
К1-1	4,88
К2	4,49
К3	3,21

6 ВИБІР ПУСКОВОЇ І ЗАХИСНОЇ АПАРАТУРИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ

У цьому розділі дипломного проекту в системі електропостачання вибору підлягають комутаційні і захисні електричні апарати тільки в електричній мережі до 1 кВ:

- в шафі введення ЦТП, а для двотрансформаторної ПС також і в секційній шафі;

- в лінійних шафах ЦТП для усіх живлячих ліній цехової мережі; - для однієї ділянки розподільної мережі (для однієї силової розподільної шафи або для одного ШРА).

Розподільні облаштування НН КТП (шафи до 1 кВ) полягають з набору стандартних силових шаф: шафа низьковольтна ввідна (ШНВ), шафа низьковольтна лінійна (ШНЛ), а також шафа низьковольтна секційна (ШНС) для двотрансформаторної КТП. У ШНВ обов'язково є автомат введення і лінійні автомати, а в ШНС - секційний автомат і лінійні автомати. У ШНЛ – лінійні автомати або блоки "запобіжник-вимикач" (БПВ) на КТП з потужністю до 630 кВА.

Окрім цього, в шафах встановлюють трансформатори струму (ТТ), вимірювальні прилади. Тому шафи розподільного облаштування НН вибирають з номенклатури тих типів, якими комплектується КТП. У збірних ПС розподільні щити НН з одностороннім або двостороннім обслуговуванням виконують із стандартних панелей.

6.1 Вибір автоматичних вимикачів

Автоматичний повітряний вимикач (автомат) - це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантажень) і нечастих включеннях і розмиканні в нормальних режимах роботи.

Для виконання захисних функцій в автоматичного вимикача застосовуються такі види розчеплювачів : тільки теплові або тільки електромагнітні, комбіновані

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(тепловий і електромагнітний), напівпровідникові, мікропроцесорні. Теплові розчіплювачі здійснюють захист від струмів перевантаження, електромагнітні, - від струмів КЗ. Напівпровідниковий розчіплювач має канал захисту в зоні струмів перевантаження, який видає команду на відключення автоматичного вимикача з витримкою часу, а канал захисту в зоні КЗ спрацьовує з витримкою часу, яка не залежить від струму, і вихідний сигнал діє на котушку незалежного розчіплювача, що викликає спрацьовування автоматичного вимикача. Напівпровідникові розчіплювачі мають кращі характеристики, ніж електромеханічні, за швидкодією, чутливістю, селективністю і надійністю.

Автоматичні вимикачі мають нерегульовані і регульовані розчіплювачі. У нерегульованих розчіплювачів відсутнє пристосування для регулювання уставки в процесі монтажу і експлуатації, вони відрегульовані на конкретний номінальний струм на заводі виготівнику. У регульованих розчіплювачів уставки регулюють шляхом впливу на механічну систему автомата або на спеціальний пристрій, який міняє час спрацьовування автоматичного вимикача. Для схеми внутрішньоцехового електропостачання на Рисунку 2 виберемо автомати.

6.1.1 Вибір автоматичних вимикачів введення

Номінальна потужність трансформатора, $S_{ном.Т} = 160 \text{ кВА}$, тому вибирається КТП- 160/6, яка комплектується шафою введення типу ШНВ-2У3 (з довідкових даних). У цій шафі встановлюється автомат введення ВА51-35.

Таблиця. 6.1 – Трьох полюсний автоматичний вимикач ВА51-35

Тип автоматичного вимикача	Номінальний струм автоматичного вимикача, А	Номінальний струм теплового розчеплювача, А	$\frac{I_{с.п}}{I_{ном.р}}$	ОГКЗ в ланцюзі 380 В, діюче значення, кА
ВА51-35	250	100	1,2	14

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ОГКЗ - відключаюча гранична комутаційна можливість. Номінальна напруга цього автоматичного вимикача вибирається як:

$$U_{ном.а} \geq U_{ном.с};$$
$$660В > 380В$$

Визначимо вторинний струм трансформатора:

$$I_{ном.Т2} = \frac{S_{ном.Т}}{\sqrt{3}S_{ном.Т2}} = \frac{160 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 380} = 243 А$$

Форсований струм трансформатора визначається:

$$I_{\phi} = K_{рез.} I_p = 1 \times 243 = 243 А;$$

Номінальний струм автоматичного вимикача і номінальні струми розчіплювачів не мають бути менше ніж струм форсованого режиму. Тоді номінальний струм автоматичного вимикача ВА51-35:

$$I_{ном.а} = 250 А > I_{\phi} = 243 А;$$

Для автоматичного вимикача ВА51-35 відношення $\frac{I_{ном.р}}{I_{ном.а}}$ складає 1. Тоді номінальний струм напівпровідникового розчіплювача :

$$I_{ном.р} = I I_{ном.а} = 1 \times 250 = 250 А > I_{\phi} = 243 А;$$

Для автоматичного вимикача ВА51-35 відношення струму спрацьовування перенапруження теплового розчіплювача до номінального струму розчіплювача $\frac{I_{с.п}}{I_{ном.р}}$ складає 1,2

Таким чином, струм спрацьовування перенапруження теплового розчіплювача :

$$I_{с.п} = 1,25 I_{ном.р} = 1,2 \times 250 = 300 А$$

Уставка струму спрацьовування від перенапруження $I_{с.п}$ вибирається по умові:

$$I_{с.п} > K I_p;$$

де: K - коефіцієнт, який приймається 1,1 для автоматичного вимикача введення QF1.

Тоді:

$$I_{с.п} = 300 А > 1,1 \times 243 = 267,3 А;$$

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для автоматичних вимикачів ВА51-35 відношення струму спрацьовування відсічення до номінального струму розчіплювача складає 12.

Тоді струм спрацьовування відсічення :

$$I_{c.o} = 12I_{ном.p} = 12 \times 250 = 3000 \text{ A};$$

Тоді

$$I_{c.o} \geq (6-10)I_{ном.T} = 3000 \text{ A} > 6 \times 243 = 1458 \text{ A};$$

Як комутаційний апарат автомати перевіряють на здатність відключення по умові:

$$I_{ном.o.a} \geq I_{n.o} = I_{\kappa}^{(3)}$$

де $I_{ном.o.a}$ - номінальний струм відключення автоматичного вимикача за нормованих умов роботи.

$I_{n.o} = I_{\kappa}^{(3)}$ - початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ.

При перевірці відключення струму трифазного КЗ автоматом введення береться струм трифазного КЗ в точці До. $I_{\kappa(0)} = 3,08 \text{ кА}$. Для автоматичних вимикачів ВА51-35 ОГКЗ при $I_{ном.a} = 250 \text{ А}$ складає $I_{ном.o.a} = 14 \text{ кА}$.

Тоді

$$14 \text{ кА} > 3,08 \text{ кА}.$$

Для чутливості захисту (надійного її спрацьовування) мінімальний струм КЗ (струм однофазного КЗ) повинен перевищувати уставки розчіплювачів: для розчіплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А:

$$I_{\kappa}^{(1)} \geq 1,25 I_{c.o}$$

Струм однофазного КЗ на шинах НН КТП $I_{\kappa}^{(1)} = 4,88 \text{ кА}$. Отже:

$$I_{\kappa}^{(1)} = 4,88 \text{ кА} > 1,25 \times 3 = 3,75 \text{ кА}.$$

Остаточню вибирається автомат ВА51-35 з такими параметрами:

$U_{ном.a} = 660 \text{ В}$; $I_{ном.a} = 250 \text{ А}$; $I_{ном.p} = 250 \text{ А}$; $I_{c.n} = 300 \text{ А}$; $I_{c.o} = 3000 \text{ А}$; $I_{ном.o.a} = 14 \text{ кА}$.

Результати вибору ЕА зручно подати вище в виді таблиці 6.2.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 - Каталожні і розрахункові данні автомату вводу типу ВА51-35

Умови вибору автоматичного вимикача	Каталожні данні автоматичного вимикача ВА51-35	Розрахункові данні
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а} = 660 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 250 \text{ А}$	$I_{\phi} = 243 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 250 \text{ А}$	$I_{\phi} = 243 \text{ А}$
За номінальним струмом автомату та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 250 \text{ А}$	$I_{ном.р} = 250 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.п} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.п} = 300 \text{ А}$	$I_{с.п} = 267,3 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.о} \geq 1,25 I_{\phi}$	$I_{с.о} = 3000 \text{ А}$	$I_{с.о} = 1458 \text{ А};$
За номінальним струмом відключення автомату $I_{ном.о.а} \geq I_{п.0}$	$I_{ном.о.а} = 14 \text{ кА}$	$I_{к(0)} = 3,08 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{с.о}$	$1,25 I_{с.о} = 1,25 \times 3 = 3,75 \text{ кА}$	$I_{к}^{(1)} = 4,88 \text{ кА}$

6.1.2. Вибір секційного автоматичного вимикача

Номінальна потужність трансформатора, $S_{ном.Т} = 160 \text{ кВА}$, тому вибирається КТП- 160/6, яка комплектується шафою введення типу ШНВ-2У3 (з довідкових даних). У цій шафі встановлюється автомат введення ВА51-35. Номінальна напруга цього автоматичного вимикачу вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В.}$$

					Арк.
					37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Номинальний вторинний струм трансформатора $I_{ном.Т2} = 243 \text{ A}$. При визначенні форсованого струму для вибору секційного автоматичного вимикачу коефіцієнт резервування приймається $K_{рез}=0,7$, тоді форсований струм трансформатора визначається:

$$I_{\phi} = K_{рез} \cdot I_p = 0,7 \times 243 = 170,1 \text{ A};$$

Номинальний струм автоматичних вимикачів і номинальні струми розчіплювачів не мають бути менше ніж струм форсованого режиму. Тоді номинальний струм автоматичного вимикачу ВА51-35:

$$I_{ном.а} = 250 \text{ A} > I_{\phi} = 170,1 \text{ A};$$

Для автоматичного вимикача ВА51-35 відношення $\frac{I_{ном.р}}{I_{ном.а}}$ складає 1. Тоді номинальний струм напівпровідникового розчіплювача :

$$I_{ном.р} = II_{ном.а} = 1 \times 250 = 250 \text{ A} > I_{\phi} = 170,1 \text{ A};$$

Для автоматичного вимикача ВА51-35 відношення струму спрацьовування перенапруження теплового розчіплювача до номинального струму розчіплювача $\frac{I_{с.п}}{I_{ном.р}}$ складає 1,25

Таким чином, струм спрацьовування перенапруження теплового розчіплювача :

$$I_{с.п} = 1,25 I_{ном.р} = 1,2 \times 250 = 300 \text{ A}$$

Уставка струму спрацьовування від перенапруження вибирається по умові:

$$I_{с.п} > KI_p;$$

тоді:

$$I_{с.п} = 300 \text{ A} > 1,1 \times 243 = 267,3 \text{ A};$$

Для автоматичних вимикачів ВА51-35 відношення струму спрацьовування відсічення до номинального струму розчіплювача складе 12.

Тоді струм спрацьовування відсічення :

$$I_{с.о} = 12 I_{ном.р} = 12 \times 250 = 3000 \text{ A};$$

Тоді

$$I_{с.о} \geq (6-10) I_{ном.Т} = 3000 \text{ A} > 6 \times 243 = 1458 \text{ A};$$

						Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Як комутаційний апарат автомати перевіряють на здатність відключення по умові:

$$I_{ном.о.а} \geq I_{н.о} = I_k^{(3)}$$

При перевірці відключення струму трифазного КЗ секційним автоматом береться струм трифазного КЗ в точці К. $I_{к(0)}=3,08$ кА. Для автоматичних вимикачів ВА51-35 ОГКЗ при $I_{ном.а}=250$ А складає $I_{ном.о.а}=14$ кА. Тоді:

$$14 \text{ кА} > 3,08 \text{ кА.}$$

Для чутливості захисту (надійного її спрацьовування) мінімальний струм КЗ (струм однофазного КЗ) повинен перевищувати уставки розчіплювачів: для розчіплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А:

$$I_k^{(1)} \geq 1,25 I_{с.о}$$

Струм однофазного КЗ на шинах НН КТП $I_k^{(1)}=4,88$ кА. Отже:

$$I_k^{(1)}=4,88 \text{ кА} > 1,25 \times 3=3,75 \text{ кА.}$$

Струм однофазного КЗ на шинах НН КТП $U_{ном.а}=660$ В; $I_{ном.а}=250$ А; $I_{ном.р}=250$ А; $I_{с.п}=300$ А; $I_{с.о}=3000$ А; $I_{ном.о.а}=14$ кА.

Результати вибору ЕА зручно подати у вигляді таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 - Каталожні і розрахункові дані секційного автоматичного вимикачу типу ВА51-35

Умови вибору автоматичного вимикача	Каталожні данні автоматичного вимикача ВА51-35	Розрахункові данні
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а}=660$ В	$U_{ном.а}=380$ В
За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а}=250$ А	$I_{\phi}=170,1$ А
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р}=250$ А	$I_{\phi}=170,1$ А

За номінальним струмом автомату та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 250 \text{ A}$	$I_{ном.р} = 250 \text{ A}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.н} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.н} = 300 \text{ A}$	$I_{с.н} = 267,3 \text{ A}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.о} \geq 1,25 I_{\phi}$	$I_{с.о} = 3000 \text{ A}$	$I_{с.о} = 1458 \text{ A};$
За номінальним струмом відключення автомату $I_{ном.о.а} \geq I_{н.0}$	$I_{ном.о.а} = 14 \text{ кА.}$	$I_{к(0)} = 3,08 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{с.о}$	$1,25 I_{с.о} = 1,25 \times 3 = 3,75 \text{ кА.}$	$I_{к}^{(1)} = 4,88 \text{ кА}$

6.1.3. Вибір лінійних автоматичних вимикачів

Виберемо автомат, який захищає живлячу лінію до СРШ1. Розрахунковий струм $I_{р1} = 110,34 \text{ A}$ (з попередніх пунктів), тому для КТП вибирається шафа типу ШНЛ-4У3 (з довідкових матеріалів). Вибирається автомат РЛНТ-С 125/3 струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчіплювачами. Дані цього автоматичного вимикачу наводяться в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 - Триполюсний автоматичний вимикач РЛНТ-С 125/3

Тип автоматичного вимикача	Номінальний струм автоматичного вимикача, А	Номінальний струм теплового розчеплювача, А	$\frac{I_{с.о}}{I_{ном.р}}$	ОГКЗ в ланцюзі 380 В, діюче значення, кА
РЛНТ-С 125/3	125	125	6	15

Номінальна напруга цього автоматичного вимикача вибирається як:

$$400 \text{ В} > 380 \text{ В.}$$

					Арк.
					40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Номинальний струм автоматичного вимикача РЛНТ-С 125/3 :

$$I_{ном.а}=125 А > I_{рІ}= 110,34 А;$$

Номинальний струм теплового розчіплювача :

$$I_{ном.а}=125 А > I_{рІ}= 110,34 А;$$

Для лінійного автоматичного вимикача РЛНТ-С 125/3 кратність струму спрацьовування (уставки) теплового розчіплювача $I_{у.т.р}$ до номінального струму теплового розчіплювача складає 1,25. Таким чином уставка струму теплового розчіплювача :

$$I_{у.т.р} = 1,25 I_{ном.т.р} = 1,2 \times 125 = 150 А;$$

тоді

$$I_{у.т.р} = 125 А \geq 1,1 \times 110,34 = 121,374 А;$$

Для автоматичного вимикачу РЛНТ-С 125/3 у разі присутності теплового розчіплювача відношення струму спрацьовування відсічення $I_{с.о}$ до номінального струму теплового розчіплювача $I_{ном.т.р}$ складає 6. Таким чином, струм спрацьовування відсічення (електромагнітного розчіплювача) :

$$I_{с.о} = I_{у.т.р} = 6 I_{ном.т.р} = 6 \times 125 = 750 А;$$

С попередніх розділів піковий струм $I_{нік} = 316,99 А$;

Тоді

$$I_{у.т.р} = 750 А \geq 1,25 \times 316,99 = 396,23 А;$$

При перевірці відключення струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ в точці К1-1. $I_{К1-1(0)} = 2,54 кА$. Для автоматів РЛНТ-С 125/3 ОГКЗ при $I_{ном.а} = 125 А$ складає $I_{ном.о.а} = 15 кА$.

Тоді:

$$15 кА > 2,54 кА.$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ в точці К2 $I_{к2}^{(1)} = 4,49 кА$. Для електромагнітного розчіплювача миттєвої дії з номінальним струмом більше 125 А:

$$I_{к2}^{(1)} \geq 1,25 I_{с.о};$$

отже:

					Арк.
					41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$I_{k2}^{(1)}=4,49 \text{ кА} \geq 1,25 \times 0,75=0,93 \text{ кА};$$

Остаточню вибирається лінійний автомат РЛНТ-С 125/3 з такими параметрами:

$$U_{ном.а}=400 \text{ В}; I_{ном.а}=125 \text{ А}; I_{ном.р}=125 \text{ А}; I_{у.т.р}=125 \text{ А}; I_{у.е.р}=750 \text{ А}; I_{ном.о.а}=15 \text{ кА}.$$

Каталожні і розрахункові дані цього автоматичного вимикача типу РЛНТ-С 125/3 наводяться в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 - Каталожні і розрахункові дані секційного автоматичного вимикачу типу РЛНТ-С 125/3

Умови вибору автоматичного вимикача	Каталожні дані автоматичного вимикача РЛНТ-С 125/3	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а}=400 \text{ В}$	$U_{ном.а}=380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а}=125 \text{ А}$	$I_{\phi}=110,34 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р}=125 \text{ А}$	$I_{\phi}=110,34 \text{ А}$
За номінальним струмом автомату та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а}=125 \text{ А}$	$I_{ном.р}=125 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.н} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.н}=125 \text{ А}$	$I_{с.н}=121,37 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.о} \geq 1,25 I_{\phi}$	$I_{с.о}=750 \text{ А}$	$I_{с.о}=396,23 \text{ А};$
За номінальним струмом відключення автомату $I_{ном.о.а} \geq I_{н.0}$	$I_{ном.о.а}=15 \text{ кА}.$	$I_{к1-1(0)}=2,54 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{с.о}$	$I_{к2}^{(1)}=4,49 \text{ кА}$	$I_{к2}^{(1)}=0,93 \text{ кА}$

6.1.4. Вибір автоматичних вимикачів до електроприймачів

Автоматичний вимикач, який захищає лінію від СРШ1 до котла Buderus Logano S825L з $I_{ном.дI} = 26,2 \text{ A}$ Тому вибираємо шафу типу МКН 106.25 54У3.1 в якому встановлено 20 автоматичні вимикачі, 3 вимикача захисних диференційних та реле контролю трифазної напруги РНПП-311Т. Вибираємо автоматичний вимикач CLS6-C40/3 струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчіплювачами. Дані цього автоматичного вимикачу наводяться в таблиці 6.4.

Таблиця 6.7 - Триполосний автоматичний вимикач CLS6-C40/3

Тип автоматичного вимикача	Номінальний струм автоматичного вимикача, А	Номінальний струм теплового розчіплювача, А	$\frac{I_{c.o}}{I_{ном.p}}$	ОГКЗ в ланцюзі 380 В, діюче значення, кА
CLS6-C40/3	40	40	2	6

Номінальна напруга цього автоматичного вимикача вибирається як:

$$400 \text{ В} > 380 \text{ В}.$$

Номінальний струм автоматичного вимикача CLS6-C40/3:

$$I_{ном.a} = 40 \text{ A} > I_{ном.д} = 26,4 \text{ A};$$

Номінальний струм теплового розчіплювача :

$$I_{ном.t.p} = 40 \text{ A} > I_{ном.д} = 26,4 \text{ A};$$

Для лінійного автоматичного вимикача CLS6-C40/3 кратність струму спрацьовування (уставки) теплового розчіплювача $I_{y.t.p}$ до номінального струму теплового розчіплювача складає 1,25. Таким чином уставка струму теплового розчіплювача :

$$I_{y.t.p} = 1,25 I_{ном.t.p} = 1,2 \times 40 = 48 \text{ A};$$

тоді

$$I_{y.t.p} = 40 \text{ A} \geq 1,1 \times 26,4 = 29,04 \text{ A};$$

Для автоматичного вимикачу CLS6-C40/3 у разі присутності теплового розчіплювача відношення струму спрацьовування відсічення $I_{c.o}$ до номінального

					Арк.
					43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

струму теплового розчіплювача $I_{ном.т.р}$ складає 3. Таким чином, струм спрацьовування відсічення (електромагнітного розчіплювача) :

$$I_{c.o} = I_{y.t.p} = 7 I_{ном.т.р} = 7 \times 40 = 280 \text{ A};$$

С попередніх розділів піковий струм $I_{пуск макс} = 194,65 \text{ A}$;

Тоді

$$I_{y.e.p} = 280 \text{ A} \geq 1,25 \times 194,65 = 242,93 \text{ A};$$

При перевірці відключення струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ в точці К2. $I_{K2(0)} = 2,22 \text{ кА}$. Для автоматів CLS6-C40/3 ОГКЗ при $I_{ном.а} = 40 \text{ A}$ складає $I_{ном.о.а} = 6 \text{ кА}$.

Тоді:

$$6 \text{ кА} > 2,22 \text{ кА}.$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ в точці К3 $I_{к3}^{(1)} = 3,21 \text{ кА}$. Для електромагнітного розчіплювача миттєвої дії з номінальним струмом більше 40 А:

$$I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{c.o};$$

отже:

$$I_{к}^{(1)} = 3,21 \text{ кА} \geq 1,25 \times 0,28 = 0,35 \text{ кА};$$

Остаточню вибирається лінійний автомат CLS6-C40/3 з такими параметрами:

$U_{ном.а} = 400 \text{ В}$; $I_{ном.а} = 40 \text{ A}$; $I_{ном.т.р} = 40 \text{ A}$; $I_{y.t.p} = 29,04 \text{ A}$; $I_{y.e.p} = 242,93 \text{ A}$; $I_{ном.о.а} = 6 \text{ кА}$.

Каталожні і розрахункові дані цього автоматичного вимикача типу CLS6-C40/3 наводяться в таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 - Каталожні і розрахункові дані секційного автоматичного вимикачу типу CLS6-C40/3

Умови вибору автоматичного вимикача	Каталожні данні автоматичного вимикача РЛНТ-С 125/3	Разрахункові данні
За номінальною напругою $U_{ном.а} \geq U_{ном.с}$	$U_{ном.а} = 400 \text{ В}$	$U_{ном.а} = 380 \text{ В}$

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

За номінальним струмом автомату $I_{ном.а} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.а} = 40 \text{ A}$	$I_{\phi} = 26,4 \text{ A}$
За номінальним струмом розчеплення $I_{ном.р} \geq I_{\phi}$	$I_{ном.р} = 40 \text{ A}$	$I_{\phi} = 26,4 \text{ A}$
За номінальним струмом автомату та його розчеплювачів $I_{ном.а} \geq I_{ном.р}$	$I_{ном.а} = 40 \text{ A}$	$I_{ном.р} = 40 \text{ A}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{с.н} \geq 1,1 I_{\phi}$	$I_{с.н} = 48 \text{ A}$	$I_{с.н} = 29,04 \text{ A}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{с.о} \geq 1,25 I_{\phi}$	$I_{с.о} = 280 \text{ A}$	$I_{с.о} = 242,93 \text{ A};$
За номінальним струмом відключення автомату $I_{ном.о.а} \geq I_{н.0}$	$I_{ном.о.а} = 6 \text{ кА.}$	$I_{к1-1(0)} = 2,22 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{к}^{(1)} \geq 1,25 I_{у.е.р}$	$I_{к}^{(1)} = 3,21 \text{ кА}$	$I_{к}^{(1)} = 0,35 \text{ кА}$

						Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Охорона праці та електробезпека

7.1 Організація охорони праці на підприємстві

Робота з охорони праці на енергооб'єктах повинна проводитись в строгій відповідності з «Кодексом законів України про працю», «Законом України про охорону праці» та іншими нормативно-правовими актами.

В кожному структурному підрозділі і на робочому місці повинні бути створені умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечено дотримання прав працівників.

Значна частина роботи з охорони праці на підприємстві спрямована на створення системи організаційних заходів і технічних засобів, призначених для запобігання впливу на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Улаштування і експлуатація устаткування, будівель і споруд повинні відповідати вимогам нормативних актів з охорони праці. Засоби захисту, пристрої та інструмент, які використовуються під час обслуговування та ремонту устаткування, будівель і споруд. Повинні своєчасно проходити огляди і випробування.

На енергооб'єктах повинні бути розроблені і затверджені інструкції з охорони праці для всіх видів виробничих професій.

Кожен працівник повинен знати і строго виконувати вимоги безпеки праці, що стосуються устаткування, яке ним обслуговується та організації праці на робочому місці.

Керівники і посадові особи зобов'язані забезпечити проведення організаційних і технічних заходів щодо створення безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, у виробничих приміщеннях і на території, яка належить енергооб'єкту.

						Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2 Електробезпека приміщень. Охорона праці при виконанні робіт в майстерні.

7.2.1 Роботи по ремонту обладнання в майстерні проводяться під наглядом керівника робіт із складу ІТР (головний інженер, інженер лабораторії, майстер) або під наглядом керівника робіт із складу робітничого персоналу. Як правило, роботи проводяться по розпорядженню. Перед початком робіт готується робоче місце, проводиться цільовий інструктаж.

7.2.2 В приміщенні майстерні при проведенні централізованого ремонту обладнання на працівників можуть впливати шкідливі і небезпечні виробничі фактори:

- рухомі частини обладнання при переміщенні його кран-балкою;
- гострі кромки, загусениці на поверхні ремонтує мого обладнання;
- хімічно-небезпечні та шкідливо небезпечні речовини при зварюванні та фарбуванні (гази, що виділяються при зварюванні металів та їх сплавів, краплі розпеченого металу, інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання, їдкий запах розчинників та фарб);
- травмування під час механічної обробки металів;
- враження електричним струмом при використанні електрифікованого інструменту;
- висока чи низька температура повітря;
- недостатнє освітлення робочого місця.

7.2.3. Для запобігання дії цих факторів використовуються засоби індивідуального захисту:

- спецодяг, взуття, рукавички;
- захисні каски та окуляри;
- захисні маски електрогазозварників;
- респіратори;
- навушники;
- захисний пояс при роботі на висоті.

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Та колективного захисту:

- освітлення;
- вентиляція;
- опалення;
- огороження та ширми;
- знаки безпеки;
- пристрої захисного заземлення та занулення;
- пристрої автоматичного вимкнення (УЗО);
- запобіжні пристрої.

7.2.4. Розрахунки освітлення майстерні та її опалення в зимовий період наводяться в відповідних розділах даного проекту.

Зміна забрудненого повітря в майстерні проходить шляхом природної вентиляції, яка цілком задовольняє необхідний мікроклімат в приміщенні.

7.2.5. Всі приміщення мають наступну класифікації з електробезпеки:

а) за характером середовища:

- нормальні – сухі приміщення, в яких відсутні ознаки жарких та запилених приміщень з хімічно-активним середовищем;
- сухі – відносна вологість не вище 60%;
- вологі – відносна вологість повітря 60-75%;
- сирі – відносна вологість протягом часу перевищує 75%, але не досягає 100%;
- особливо сирі – відносна вологість близько 100%, стіни, стеля, предмети вкриті вологою;
- жаркі – температура більше +30°C;
- запилені – із струмопровідним або не струмопровідним пилом;
- з хімічно активним середовищем – речовини, які руйнують ізоляцію та струмопровідні частини.

б) за признаками підвищеної небезпеки (струмопровідна підлога, наявність вологи більше 75%, підвищена температура більше 30°C, наявність

						Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

хімічно-активного середовища, можливість одночасного дотику людини до струмовідних частин та корпусам заземленого електрообладнання):

- приміщення без підвищеної небезпеки – в них відсутні признаки та особливої небезпеки;
- приміщення з підвищеною небезпекою – коли присутній один із при знаків підвищеної небезпеки;
- особливо небезпечні приміщення – присутні два або більше признаков підвищеної небезпеки.

7.2.6. Майстерня відноситься до нормального приміщення без підвищеної небезпеки. Зокрема це забезпечується влаштованим в ній опаленням, освітленням та вентиляцією. Електробезпека при виконанні робіт на електромеханічному обладнанні майстерні забезпечується автоматичними вимикачами, пристроями захисного вимикання, запобіжниками, надійною ізоляцією струмопровідних елементів схеми та знаками з електробезпеки і заземлюючим пристроєм.

7.3. Протипожежна безпека

7.3.1. Для успішного проведення протипожежної профілактики на підприємствах важливо знати основні причини пожеж. На основі статистичних даних такими є:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки.

7.3.2. На підприємстві розроблені галузеві інструкції пожежної безпеки, якими керується персонал компанії. Крім цього, керівництво забезпечує

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виконання державних нормативно-правових актів та правил пожежної безпеки.

7.3.3. Відповідно до ОНТП 24-86 приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою поділяються на п'ять категорій (А, Б, В, Г, Д).

7.3.4. Згідно вимог інструкцій протипожежної безпеки на території побуту майстерні розміщений протипожежний щит. Перелік протипожежного інструменту і інвентарю, яким укомплектований щит наведений у таблиці:

Таблиця 11.5.1 Протипожежний інструмент та інвентар

Назва	Кількість	Одиниця вимірювання
1. Лопата	2	шт.
2. Відро	2	шт.
3. Сокира	2	шт.
4. Вогнегасник	3	шт.
5. Дзвін	1	шт.
6. Лом	2	шт.
7. Багор	1	шт.

Біля протипожежного щита повинна бути ємкість із водою об'ємом 250 л, ящик із піском об'ємом 0,5 м³. В майстерні в наявності повинна бути кошма (полотно розміром не менше 100x100 см із негорючого матеріалу).

						Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В дипломному проекті розроблено такі питання;

- визначення розрахункових електричних навантажень;
- розрахунок пікових струмів;
- вибір кількості і потужності трансформаторів котельні;
- вибір перерізу проводів;
- розрахунок струмів КЗ;
- вибір пускової і захисної апаратури для електроустаткування;
- охорона праці, протипожежні заходи та електробезпека;

Розкриваючи кожне питання, особлива увага приділялася розрахунку і вибору на його підставі сучасного електрообладнання, проводів, кабелів, світильників, пускових і захисних апаратів. При цьому остаточні рішення приймалися у відповідності до вимог діючих нормативних документів, державних стандартів та інструкцій заводів-виробників.

Враховуючи вимоги, сьогодення в проекті запропоновані конкретні заходи з економії електроенергії.

Працюючи над проектом, мені вдалося систематизувати теоретичні знання і набути певного досвіду застосування їх при вирішенні практичних завдань.

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Пособие по проектированию линий 0,38 кВ с использованием арматуры фирмы «ENSTO» К. «Укрсельэнергопроект», 165 с.
2. Василега П.О. Електропостачання. Суми «Університетська книга» 2008, С.400.
3. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2007.- 280 с.
4. Правила улаштування електроустановок К. «Індустрія», 421 с.
5. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. - 153 с.
6. Липкин Б.Ю. Електропостачання промислових підприємств і установок : Навчань. для електротехн, що вчатьс. спеціальностей середніх спец. посібн. закладів. 4-е видавництво, перероб. і доп. - М.: Вищ. шк., 1990. - 366 с., мул.
7. Електротехніка і електроніка : Навчань. посібник для ПТУ/М.К. Линва, И.Д. Златенов, П.Н. Новіков, Е.В. Шапкин. - М.: Высш. шк., 1991. - 224 с.: мул
8. Правила організації технічного обслуговування і ремонту обладнання та мереж. ГДК 34.20.601-2003.
9. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. Мін. Палива та Енерг. Укр. ГДК 34.20.507-2003.
10. Квартирна електропроводка і як з нею поводитися. - 7-і видавництво, перераб. і доп., 1991. - 255 с.: мул.13. Правила улаштування електроустановок, Міненерго СРСР. - 6-е видавництво, 1987 - 648 с.
11. Охрана труда в электроустановках: Учебник для вузов / Под ред. П.А. Князевского. – 3-е изд. переработ. и дополненное. – М.: Энергопромиздат, 1983. – 336 с.
12. Основи охорони праці. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигірей, О.В. Мельников. Львів «Афіша», 2000.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		