

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Кваліфікаційна робота бакалавра

на тему: **«Розрахунок системи електропостачання
деревообробного цеху будівельного комбінату»**

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав

студент групи ЕТз-71С

С.М. Юдченко

Керівник

С.М. Лебедка

Суми 2021

Сумський державний університет

Факультет ЦЗДВН Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри електроенергетики

_____ І.Л. Лебединський
“ ____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра

_____ Юдченко Сергія Миколайовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розрахунок системи електропостачання деревообробного цеху будівельного комбінату»

затверджена наказом по університету № _____ від _____

2. Термін здачі студентом закінченої роботи 01.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: Схема розміщення електроприймачів та їх потужність; ґрунт та його температура; категорія споживача

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

1. Вибір схеми цехової силової електричної мережі

2. Розрахунок електричних навантажень

3. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП

4. Вибір перерізу провідників

5. Розрахунок струмів короткого замикання

6. Вибір електричних апаратів

7. Розрахунок заземлення цехової ТП

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Вибір схеми цехової силової електричної мережі	05.04 – 11.04	
2	Розрахунок електричних навантажень	12.04 – 25.04	
3	Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП	26.04 – 02.05	
4	Вибір перерізу провідників	03.05 – 09.05	
5	Розрахунок струмів короткого замикання	10.05 – 16.05	
6	Вибір електричних апаратів	17.05 – 23.05	
7	Розрахунок заземлення цехової ТП	24.05 – 30.05	
8	Оформлення ПЗ та креслень	31.05 – 11.06	

Студент _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис)

РЕФЕРАТ

106 ст., 12 рисунків, 25 таблиць, 11 джерел.

Назва: Розрахунок системи електропостачання деревообробного цеху будівельного комбінату

Автор: Юдченко С.М.

Ключові слова: електропостачання, трансформатор, коротке замикання, електродвигун, заземлення, переріз провідників, електричні апарати.

Электроснабжение, трансформатор, короткое замыкание, электродвигатель, заземление, сечение проводников, электрические аппараты.

power supply, transformer, short circuit, electric motor, grounding, cross section of conductors, electrical devices

Бібліографічний опис: Юдченко С.М. Вибір обладнання та розрахунок системи електропостачання деревообробного цеху будівельного комбінату [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.М. Юдченко; керівник С.М. Лебедка. - Суми: СумДУ, 2021. - 106 с.

Короткий огляд (реферат): об'єктом дослідження є деревообробний цех будівельного комбінату з метою розробки внутрішньо цехового електропостачання між групами та окремими електроприймачами напругою до 1 кВ. Під час роботи вибрано схему електропостачання, проведені розрахунки електричних навантажень на різних рівнях електропостачання, вибрана потужність та кількість трансформаторів, вибір перерізу провідників напругою до і понад 1 кВ, втрат і відхилень напруги в мережі, струмів трифазного та однофазного КЗ, вибір ЕА напругою до 1кВ, заземлення цехової ТП.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність

ГПП – головна понижувальна підстанція

ЕА – електричний апарат

ЕД – електродвигун

ЕО – електрообладнання

ЕП – електроприймач

ЕУ – електроустановка

КЗ – коротке замикання

ККД – коефіцієнт корисної дії

НК – низьковольтні конденсатори

ПЗ – пристрій заземлення

ПРЕ – пункт розподілу електроенергії

ПС – підстанція

ПУЕ – правила технічної експлуатації

РП – розподільний пункт

СЕП – система електропостачання

СРШ – силова розподільна шафа

ТП – трансформаторна підстанція

ТС – трансформатор струму

ЩРО – щиток робочого освітлення

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Вибір схеми цехової силової електричної мережі.....	10
2. Розрахунок електричних навантажень.....	18
2.1 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання.....	18
2.2 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання	26
2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на третьому рівні електропостачання.....	39
2.4 Попередній розрахунок навантаження загального електричного освітлення цеху.....	41
2.5 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції.....	43
2.6 Розрахунок пікових струмів.....	46
3. Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП.....	49
3.1 Вибір кількості, коефіцієнта завантаження та потужності трансформаторів цехової підстанції.....	49
3.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ.....	49
4. Вибір перерізу провідників.....	51
4.1 Вибір перерізу кабельної лінії напругою понад 1 кВ.....	51
4.2. Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1кВ.....	55
4.3 Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ.....	59
5. Розрахунок струмів короткого замикання.....	64
5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання.....	65
5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання.....	73

					БР 5.6.141.104 ПЗ			
Змін	АРК	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок системи електропостачання деревообробного цеху будівельного комбінату	Літ.	Арк.	Аркциф
Розроб		Юдченко С.М.						
Перевір		Лебедка С.М.					6	107
Реценз						<i>СумДУ ЕТз-71С</i>		
Н. Контр.								
Затверд		Лебединський						

6. Вибір електричних апаратів.....	77
6.1 Вибір ЕА в електричних мережах напругою до 1 кВ.....	83
6.2 Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі напругою до 1 кВ з вибраними апаратами захисту.....	95
7. Розрахунок заземлення цехової ТП.....	93
Висновки.....	103
Список використаної літератури.....	104

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АДК.
Зміст	АДК	№ докцм.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Електрифікація народного господарства України становить основу будівництва економіки і розвитку продуктивних сил держави. Вона забезпечує виконання завдань широкої комплектації, механізації та автоматизації виробничих процесів, що дозволяє підсилювати темпи росту продуктивності праці, покращити якість продукції і полегшити умови праці.

Сучасний стан енергозабезпечення в Україні характеризується гострою нестачею джерел енергії та низькою ефективністю їх використання. Усе це вимагає проведення як активної енергозберігаючої політики органами державного управління, так і дотримання всіма головних вимог енергозбереження та ресурсозбереження. В цьому зв'язку, важливим є питання розробки такої конструктивної електричної схеми електропостачання, яка б відповідала хоча б таким вимогам сучасності, як економічність, надійність, проста в експлуатації.

У зв'язку із прискоренням науково-технологічного прогресу споживання електроенергії в промисловості значно збільшилося завдяки створенню гнучких автоматизованих виробництв. Що стосується енергетичної політики України, то передбачається подальший розвиток енергозберігаючих програм, таких як:

- економія енергетичних ресурсів повинна здійснюватися шляхом переходу на енергозберігаючі технології виробництва;
- удосконалювання енергетичного устаткування, реконструкції застарілого обладнання;
- скорочення всіх видів енергетичних втрат і підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів.

На даний час деревообробний комплекс переживає досить складний період, оскільки за площею лісів та запасами деревини Україна є державою з дефіцитом лісових ресурсів. Ліси займають більш як 15,7 відсотків території України (9,58 мільйона гектарів) і розташовані в основному на півночі (Полісся) та заході (Карпати). Оптимальним, за європейськими

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						8
№ п/п	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

рекомендаціями, є показник лісистості 20 відсотків, для досягнення якого необхідно створити більше 2 мільйонів гектарів нових лісів. А оскільки цього не відбувається, то спостерігається така ситуація, як підвищення вартості основного виробничого ресурсу, без якого неможливе існування самого деревообробного комплексу. В зв'язку з цим застосовують різні методи зменшення собівартості матеріалів з деревини, зокрема, модернізацію схеми електропостачання і використання у виробничому процесі новітніх технологій. Тому головною задачею кваліфікаційної роботи є поліпшення електропостачання виробничого цеху деревообробного будівельного комбінату.

Об'єктом дослідження є виробничий цех.

Предметом дослідження є схема електропостачання деревообробного цеху домобудівельного комбінату.

Метою дипломної роботи є розробка схеми електропостачання деревообробного цеху.

Поставлена мета передбачає рішення наступних завдань:

- аналіз нормативних документів щодо електропостачання об'єктів в галузі;
- розрахунок характеристик електричного устаткування цеху;
- проектування схеми електропостачання та заземлення;
- узагальнення результатів у вигляді висновків.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АДК.
						9
№ п/п	АДК	№ док.м.	Підпис	Дата		

1 Вибір схеми цехової силової електричної мережі

Завдання (вихідні дані)

Деревооборобний цех (ДЦ) призначений для виготовлення віконних блоків і є складовою частиною великого домобудівельного комбінату.

Увесь технологічний процес здійснюється двома потоками. Кожен потік складається з трьох автоматизованих ліній:

- ДЛ 2 – лінія розкрою пиломатеріалів;
- ДЛ8А – лінія обробки віконних блоків;
- ДЛ10 – лінія збірки.

Готова продукція проходить через малярню і йде до споживача. Транспортування деталей по цеху здійснюється електрокарами, для підзарядки вккумуляторів яких є зарядна. Окрім цього передбачені виробничі, допоміжні і побутові приміщення.

Дільниця розкрою пиломатеріалів і зарядна є пожежонебезпечними приміщеннями.

Електропостачання цех отримує від власної комплексної трансформаторної підстанції (КТП), підключеної до головної понижувальної підстанції (ГПП) комбіната.

По категорії діяльності електропостачання – споживач 1-ї категорії.

Кількість робочих змін – 3 (цілодобово).

Грунт в ДЦ – суглинок з температурою +10°C. Каркас будівлі спороджений із блоків-секцій довжиною 6 м кожен.

Розміри цеха $A \times B \times H = 48 \times 30 \times 8$ м. Усі приміщення, крім технологічних дільниць, двоповерхові висотою 3,6 м.

Перелік ЕО цеха наведений в таблиці 1.

Потужність електроспоживача ($P_{\text{сп}}$) вказана для одного електроприймача.

Розміщення основного ЕО показано на плані (рис. 1).

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АДК.
						10
№ п/п	АДК	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 1 – Перелік ЕО деревообробного цеху.

№ на плані	найменування ЕО	Р _{ЕП} , кВт	примітка
1, 2	Вентилятор	5	
3	Компресор	7,5	
4	Машина електростатичного фарбування	4,5	1-фазна
5, 6	Зарядні агрегати	3,8	1-фазні
7, 8	Токарні станки	2,5	
9, 29	Ліфти вертикальні ДБ 1	3	
10, 30, 15, 35	Загрузочні прилади	3,2	
11, 31	Торцеві станки ДС 1	3,4	
12, 32, 22, 42	Транспортери ДТ 4	2,8	
13, 33	Багатопильні станки ЦМС	4	
14, 34	Верстати для закладення сучків	2,6	
16, 36	Фуговальні верстати	3	
17, 37, 20, 40	Транспортери ДТ 6	3,8	
18, 38	Шипорізні верстати ДС 35	4,2	
21, 41	Верстати чотирьохсторонні ДС 38	5	
23, 24, 43, 44	Верстати для постановки полупетель ДС 39	1,6	
19, 39	Прекладчики ДБ 14	3,6	
26, 46	Збірні полуавтомати ДА 2	2,5	
28, 48	Верстат для зняття провисань ДС 40	1,2	
25, 45	Верстат чотирьохсторонній	6	
27, 47	Ліфти вертикальні	2,5	
	Всього	162,2	

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						11
№	АРК	№ док.м.	Підпис	Дата		

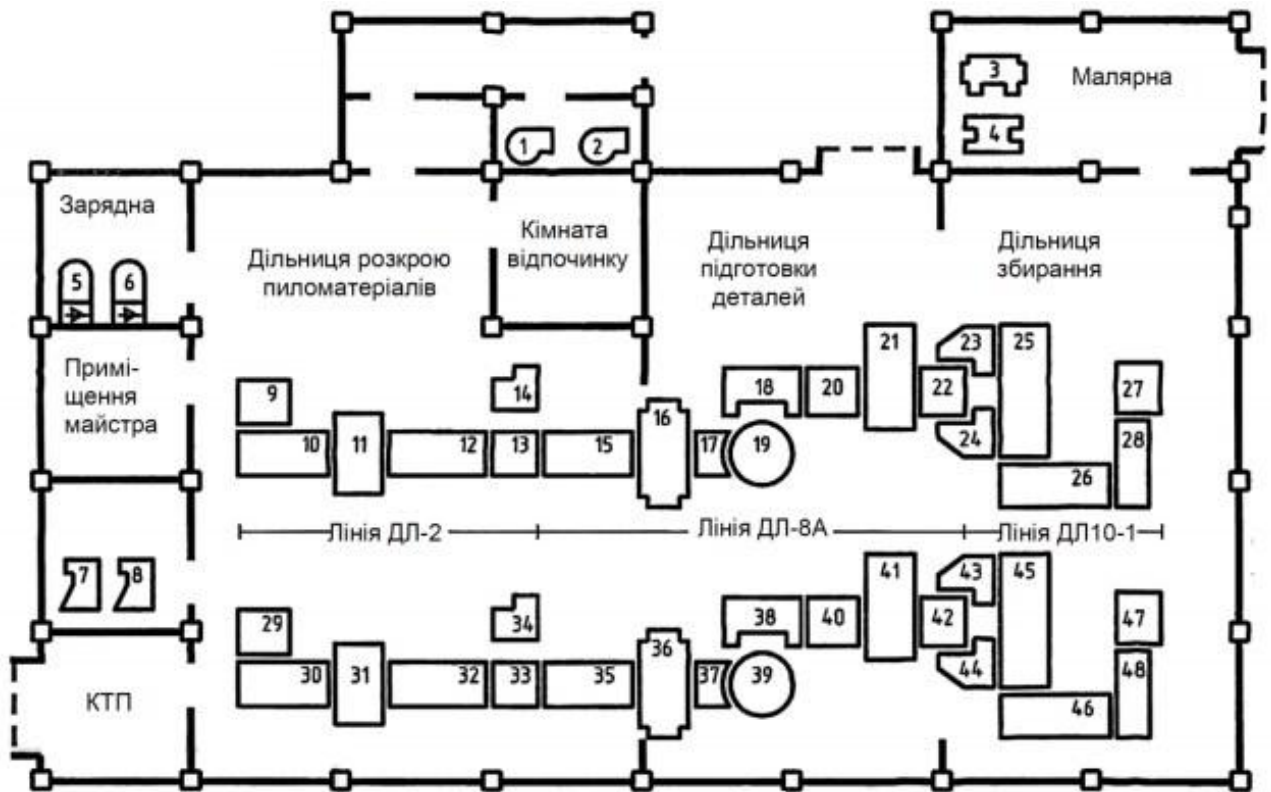


Рис.1 План розміщення ЕО деревообробного цеху

Схеми електричних мереж можуть проектуватись радіальними, магістральними та змішаними. Для внутрішнього електропостачання найбільш поширеними є радіальні та магістральні схеми.

На вибір виду схем суттєво впливають такі фактори:

- конкретні особливості процесу виробництва;
- наявність окремих електроприймачів або електроспоживачів з різко змінним навантаженням;
- необхідністю відокремлення силових електромереж від мереж освітлення.

Радіальна схема передбачає передачу електроенергії від головного розподільного пункту (ГРП) до кожної цехової трансформаторної підстанції (ТП) (рисунок 1.1, а).

										АРК.
										12
АРК	№ док.м.	Підпис	Дата							

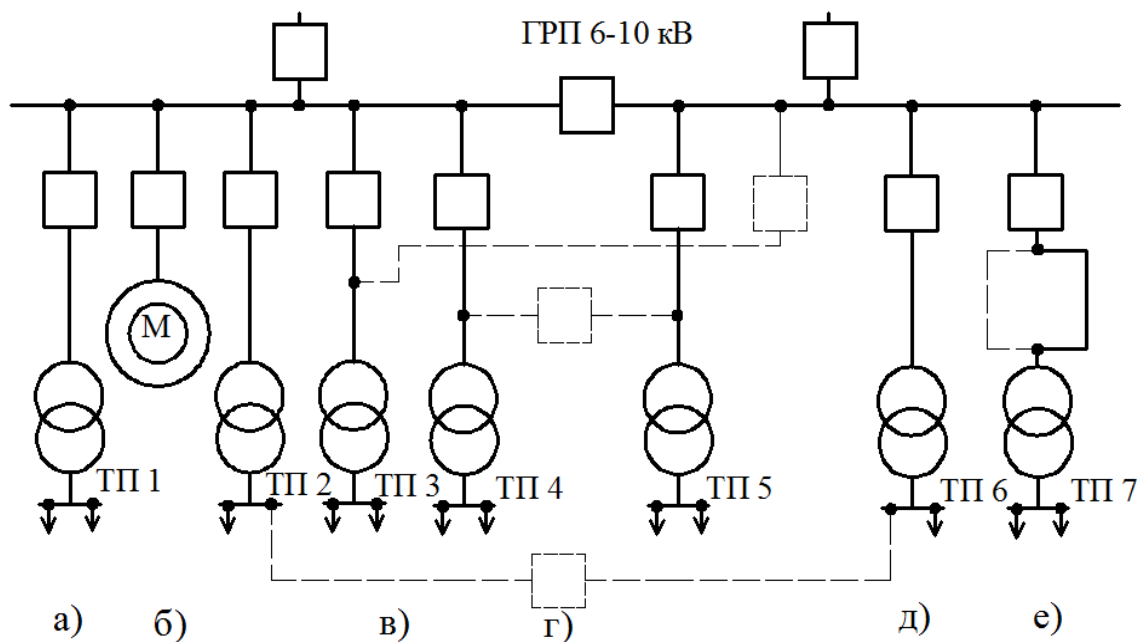


Рисунок 1.1 – Схема радіального живлення

або силового електроприймача (рисунок 1.1, б) окремими лініями електропередачі (ЛЕП) без відгалужень для живлення інших електроприймачів. Таку схему використовують, як правило, для електропостачання найважливіших і найбільш потужних електроприймачів та електроспоживачів.

Недоліками цієї схеми є необхідність використання значно більшої, ніж при магістральній, кількості електричних апаратів і збільшення загальної довжини лінії електропередач (ЛЕП) підприємства. Ця схема використовується для електроприймачів третьої категорії.

З метою підвищення надійності для електропостачання електроприймачів другої категорії в радіальних схемах використовують такі види резервування:

- резервну магістраль з боку високої напруги (рисунок 1.1, в);
- резервні перемички (рисунок 1.1, г) з боку високої напруги між сусідніми трансформаторними підстанціями (ТП);
- резервні перемички з боку низької напруги між сусідніми ТП або шинними магістралями цехового електропостачання (рисунок 1.1, д);
- резервні лінії високої напруги (рисунок 1.1, е).

Характерною особливістю усіх видів резервування при радіальних схемах електропостачання є те, що резервні магістралі, лінії та перемички в нормальних режимах роботи знаходяться під напругою, але без навантаження і вмикаються до навантаження лише в разі виникнення аварійного режиму роботи.

Магістральна схема забезпечує почергове підключення ТП та РП і є більш поширеною при їх компактному улаштованому розміщенні на території підприємства.

Найбільш поширеними видами магістральних схем є:

- одиночна магістральна схема без резервування (рисунок 1.2), де має місце найбільш просте схемне рішення, яке потребує найменшу кількість електричних апаратів та забезпечує найменші витрати кабелю. До магістралі підключаються два-три трансформатори одиначною потужністю 1000...2500 кВА або чотири-п'ять потужністю 100...630 кВА. Така схема порівнянно з іншими магістральними має найнижчу надійність електропостачання і використовується лише для живлення електроприймачів третьої категорії;

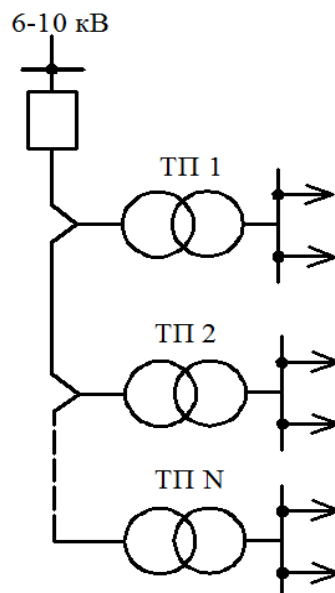


Рисунок 1.2 – Одиночна магістральна схема живлення без резервування

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
...	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		14

- одиночна магістральна схема з резервуванням (рисунок 1.3), яка має резервну перемичку і яка в нормальному режимі знаходиться під напругою, але без навантаження. У разі виникнення аварійного режиму виконуються відповідні переключення вимикачів Q₂, Q₃ роз'єднувача QS і електропостачання здійснюється по резервній перемичці. Така схема може бути використана для електропостачання електроприймачів другої і третьої категорії. Якщо ж резервна перемичка буде підключена до іншого, ніж основна магістраль, незалежного джерела живлення, то ця схема може бути використана для електропостачання електроприймачів і першої категорії;

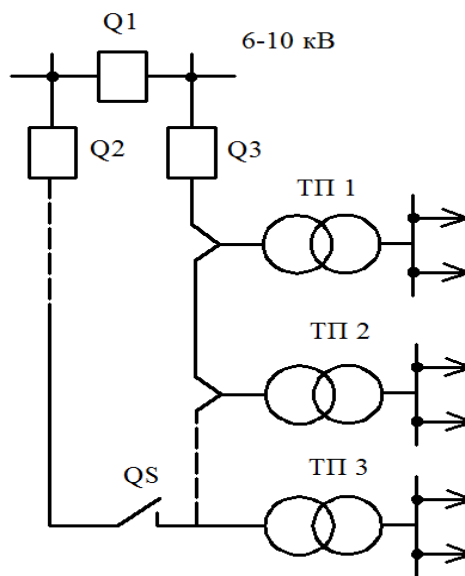


Рисунок 1.3 – Одиночна магістральна схема живлення з резервуванням

- подвійна наскрізна магістральна схема (рисунок 1.4), яка може бути використана для електропостачання електроприймачів третьої, другої, та першої категорій, оскільки в разі виходу із ладу однієї магістралі в ній передбачено ручне або автоматичне перемикання живлення від другої магістралі. Ця схема передбачає значно більшу, ніж в попередніх, кількість електричних апаратів і збільшення довжини ЛЕП;

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						15
...	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

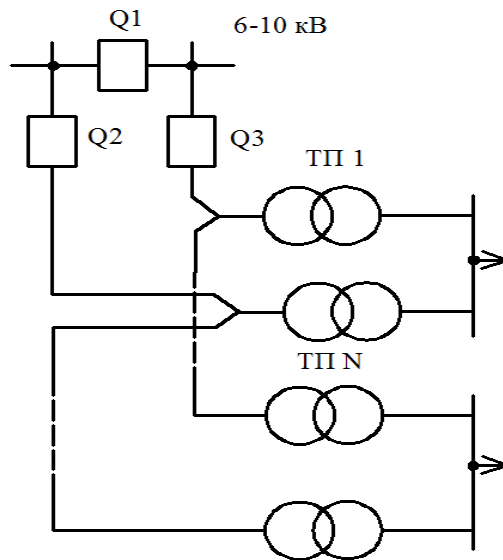


Рисунок 1.4 – Подвійна наскрізна магістральна схема живлення

- магістральна схема з двостороннім живленням (рисунок 1.5). У нормальному режимі вона може бути розділена на дві одиночні магістральні схеми з допомогою вимикача Q_2 . Використання такої схеми найбільш доцільне за умови, що цехові ТП розташовані між двома незалежними джерелами живлення. У разі виникнення аварійного режиму живлення електроприймачів здійснюється від одного джерела. Переріз провідників має бути розрахованим на цей режим роботи. Така схема є найбільш економічною, оскільки не передбачає «холодного» резерву магістралі, може бути використаною для електроприймачів третьої, другої, та першої категорій, а завдяки наявності вимикача Q_2 дозволяє зменшити струми короткого замикання, спростити релейний захист, полегшити обслуговування.

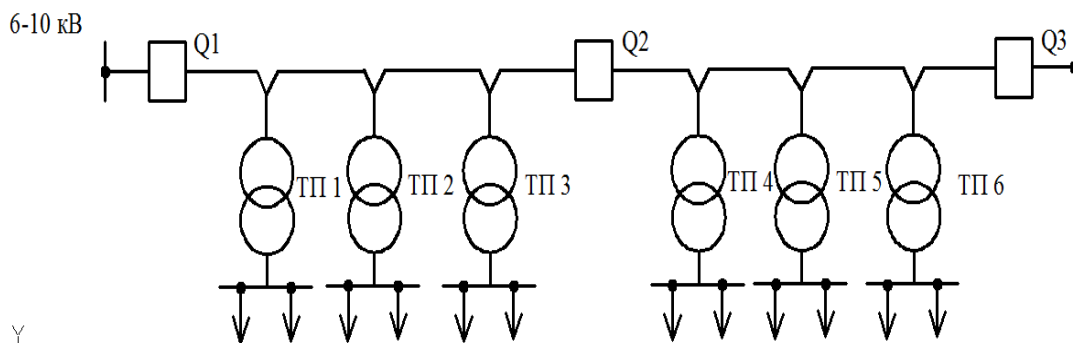


Рисунок 1.5 – Магістральна схема з двостороннім живленням

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АДК.
№ док.	АДК	№ док.	Підпис	Дата		16

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання (рисунок 1.6), зважаючи на забезпечення надійності електропостачання, зручність експлуатації, капітальні затрати і втрати напруги, обираємо змішану схему цехової електричної мережі. Крім того:

- передбачається використання силових розподільних шаф (СРШ);
- кабелі від КТП до СРШ необхідно прокладати під підлогою у шахтах;
- приєднання електроприймачів до СРШ будемо здійснювати проводами, прокладеними у шахтах під підлогою так як деякі ділянки є пожежонебезпечними.

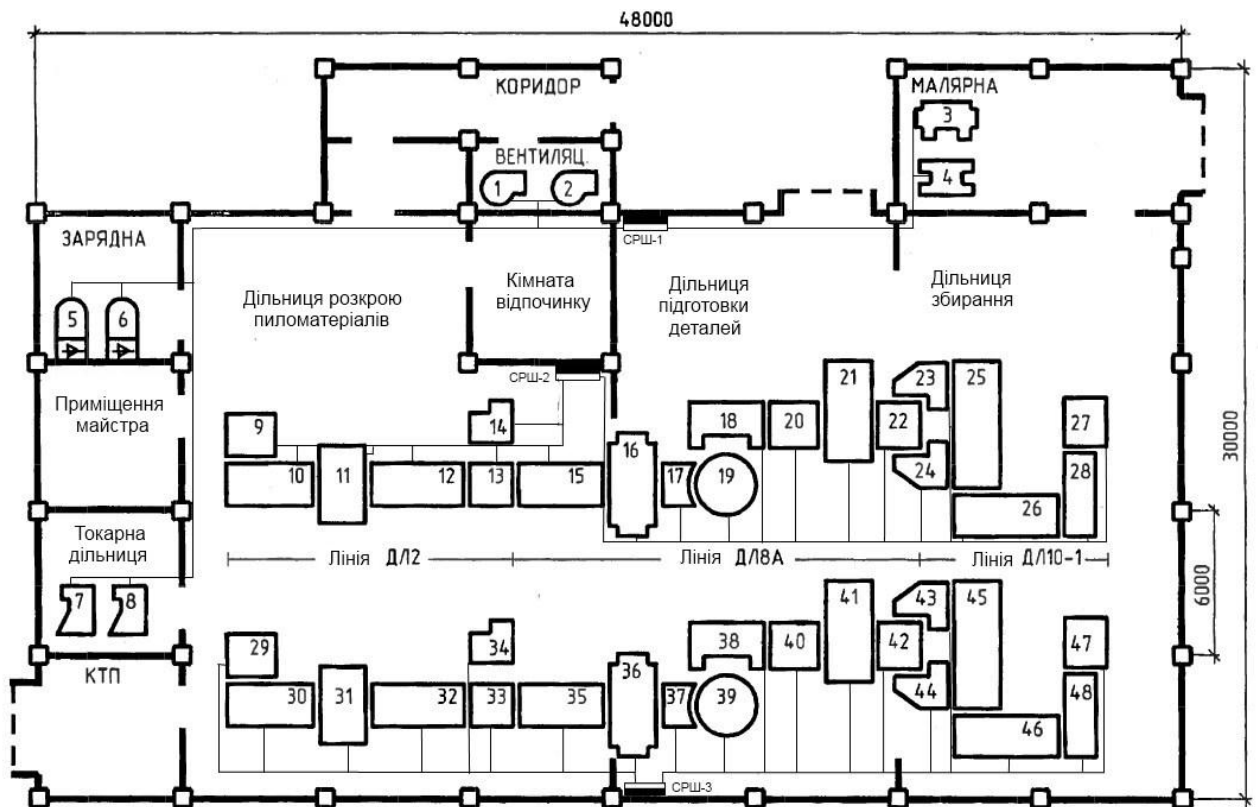


Рисунок 1.6 – Розміщення технологічного обладнання

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						17
АРК	№ докцм.	Підпис	Дата			

2 Розрахунок електричних навантажень

2.1 Визначення розрахункового силового навантаження на першому рівні електропостачання

На основі генерального плану цеху для подальшого розрахунку електричного навантаження складаємо відомість споживачів електричної енергії у вигляді таблиці 2.1, в якій вказуємо назву електричних приймачів, їх кількість n , номінальну потужність P_n , коефіцієнт завантаження k_3 (оскільки фактичні коефіцієнти завантаження невідомі, то при проектуванні приймаємо $k_3=1$. Таким чином, за розрахункове активне навантаження приймається номінальна потужність), коефіцієнт потужності $\text{tg}\varphi$.

За даними цієї таблиці визначаємо номінальні потужності електроприймачів, групуючи їх за коефіцієнтом використання K_6 в різних силових пунктах, тобто електроприймачів, які мають однаковий технологічний процес, але різну потужність.

Виконуємо розрахунки для розподільчих пунктів в такій послідовності:

- для СРШ-1:

Таблиця 2.1 – Відомість електричних приймачів СРШ №1

№ на плані	Найменування електроприймачів	Кількість	P_n , кВт	$\cos\varphi$ / $\text{tg}\varphi$
1, 2	Вентилятор	2	5	0,8/ 0,75
3	Компресор	1	7,5	0,8/ 0,75
4	Машина електростатичного фарбування	1	4,5	0,8/ 0,75
5, 6	Зарядні агрегати	2	3,8	0,9/ 0,48
7, 8	Токарні станки	2	2,5	0,5/ 1,73

Визначаємо реактивну потужність, повну потужність, номінальний струм та пусковий:

$$q_{p.1} = p_{p.1} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad 2.1$$

$$S_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2}; \quad 2.2$$

$$I_{p.1} = \frac{S_{p.1}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}}} \quad 2.3$$

Де, $\operatorname{tg} \varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi$, яке характерне для даного ЕП.

$U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1кВ.(1,2,3,7 – 380В; 4,5,6 – 220В)

Номінальний струм ЕД визначається як

$$I_{\text{НОМ.Д}} = \frac{p_{\text{НОМ.Д}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ}} \cos \varphi_{\text{НОМ.Д}} \eta_{\text{НОМ.Д}}}. \quad 2.4$$

де $p_{\text{НОМ.Д}}$ – номінальна активна потужність ЕД;

$\cos \varphi_{\text{НОМ.Д}}$ – номінальний коефіцієнт потужності ЕД;

$\eta_{\text{НОМ.Д}}$ – номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) ЕД.

Величини $\cos \varphi_{\text{НОМ.Д}}$ і $\eta_{\text{НОМ.Д}}$ приймаються з каталогів заводів-виготовлювачів і довідників. У разі відсутності паспортних даних ЕД їх коефіцієнт потужності можна прийняти з [1; 11; 17] або з інших довідників, а номінальний ККД – $\eta_{\text{НОМ.Д}}=1$.

Доцільно для кожного ЕП обчислити його пусковий струм

$$I_{\text{ПУСК}} = k_{\text{ПУСК}} I_{\text{НОМ.ЕП}} \quad 2.5$$

де $k_{\text{ПУСК}}$ – коефіцієнт пуску

$I_{\text{НОМ.ЕП}}$ – номінальний струм ЕП.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						19
№ п/п	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		

Після підставлення вихідних даних за формулами отримаємо:

$$q_{1,2} = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ кВар};$$

$$S_{1,2} = \sqrt{5^2 + 3,75^2} = 6,25 \text{ кВА};$$

$$I_{1,2} = \frac{6,25}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 9,496 \text{ А};$$

За неповними вихідними даними, які при проектуванні беруться із завдань технологів (наводиться найменування устаткування та його потужність), для ЕД $k_{\text{ПУСК}} = 5$, а для машини електростатичного фарбування та зарядних агрегатів $k_{\text{ПУСК}} = 1$.

$$I_{\text{ПУСК.1,2}} = 5 \cdot 9,496 = 47,479 \text{ А};$$

$$I_{\text{ПУСК.4}} = 1 \cdot 14,762 = 14,762 \text{ А};$$

Для інших ЕП проводимо аналогічні розрахунки та отримані результати розрахунків для СРШ №1 занесемо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Розрахункове навантаження для СРШ №1.

№ на плані	Найменування електроприймачів	P_n , кВт	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	Розрахункові дані				
				$P_{p.l.}$, кВт	$Q_{p.l.}$, квар	$S_{p.l.}$, кВА	$I_{p.l.}$, А	$I_{\text{ПУСК}}$, А
1, 2	Вентилятор	5	0,8/ 0,75	5	3,75	6,25	9,496	47,479
3	Компрессор	7,5	0,8/ 0,75	7,5	5,625	9,375	14,244	71,219
4	Машина електростатичного фарбування	4,5	0,8/ 0,75/	4,5	3,375	5,625	14,762	14,762
5, 6	Зарядні агрегати	3,8	1/0	3,8	1,824	4,215	11,062	11,062
7, 8	Токарні станки	2,5	0,5/1,73	2,5	4,325	4,996	7,59	37,95

- для СРШ-2 проводимо аналогічні розрахунки:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						20
.....	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Відомість електричних приймачів СРШ №2

№ на плані	Найменування електроприймачів	Кількість	P_n , кВт	$\cos\varphi/ \operatorname{tg}\varphi$
9	Ліфт вертикальний ДБ 1	1	3	0,82/0,7
10, 15	Завантажувальні прилади	2	3,2	0,83/0,67
11	Торцювальний верстат ДС 1	1	3,4	0,81/0,72
12, 22	Транспортери ДТ 4	2	2,8	0,8/0,75
13	Багатоопильний верстат ЦМС	1	4	0,82/0,7
14	Верстат для закладення сучків	1	2,6	0,83/0,67
16	Фуговальний верстат	1	3	0,84/0,65
17, 20	Транспортери ДТ 6	2	3,8	0,85/0,62
18	Шипорізний верстат ДС 35	1	4,2	0,85/0,62
19	Прекладчик ДБ 14	1	3,6	0,8/0,75
21	Верстат чотирибічний ДС 38	1	5	0,8/0,75
23, 24	Верстати для встановлення напівпетель ДС 39	2	1,6	0,81/0,72
25	Верстат чотирибічний	1	6	0,8/0,75
26	Збірний полуавтомати ДА 2	1	2,5	0,82/0,7
27	Ліфт вертикальний	1	2,5	0,82/0,7
28	Верстат для зняття провисань ДС 40	1	1,2	0,81/0,72

Проведемо аналогічні розрахунки для СРШ №2:

$$q_9 = 3 \cdot 0,7 = 2,1 \text{ кВар};$$

$$S_9 = \sqrt{3^2 + 2,1^2} = 3,662 \text{ кВА};$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						21
АРК	№ док.м.	Підпис	Дата			

$$I_9 = \frac{3,662}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 5,564 \text{ A};$$

$$I_{\text{пуск.9}} = 5 \cdot 5,564 = 27,819 \text{ A};$$

Для інших ЕП проводимо аналогічні розрахунки та отримані результати розрахунків для СРШ №2 занесемо в таблицю 2.4.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						22
Зміст	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4. Розрахункове навантаження для СРШ №2.

№ на плані	Найменування електроприймачів	P_n , кВт	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$	Розрахункові дані				
				$P_{p.l.}$, кВт	$Q_{p.l.}$, квар	$S_{p.l.}$, кВА	$I_{p.l.}$, А	$I_{пуск}$, А
9	Ліфт вертикальний ДБ 1	3	0,82/0,7	3	2,1	3,662	5,564	27,819
10, 15	Завантажувальні прилади	3,2	0,83/0,67	3,2	2,144	3,852	5,852	29,261
11	Торцювальний верстат ДС 1	3,4	0,81/0,72	3,4	2,448	4,19	6,365	31,827
12, 22	Транспортери ДТ 4	2,8	0,8/0,75	2,8	2,1	3,5	5,318	26,588
13	Багатоопильний верстат ЦМС	4	0,82/0,7	4	2,8	4,883	7,418	37,092
14	Верстат для закладення сучків	2,6	0,83/0,67	2,6	1,742	3,13	4,755	23,775
16	Фуговальний верстат	3	0,84/0,65	3	1,95	3,578	5,436	27,181
17, 20	Транспортери ДТ 6	3,8	0,85/0,62	3,8	2,356	4,471	6,793	33,966
18	Шипорізний верстат ДС 35	4,2	0,85/0,62	4,2	2,604	4,942	7,58	37,541
19	Прекладчик ДБ 14	3,6	0,8/0,75	3,6	2,7	4,5	6,837	34,185
23, 24	Верстати для встановлення напівпетель ДС 39	1,6	0,81/0,72	1,6	1,152	1,972	2,995	14,977
25	Верстат чотирибічний	6	0,8/0,75	6	4,5	7,5	11,395	56,975
26	Збірний полуавтомати ДА 2	2,5	0,82/0,7	2,5	1,75	3,052	4,636	23,182
27	Ліфт вертикальний	2,5	0,82/0,7	2,5	1,75	3,052	4,636	23,182
28	Верстат для зняття провисань ДС 40	1,2	0,81/0,72	1,2	0,864	1,479	2,247	11,233

БР 5.6.141.104 ПЗ

Арк.

23

№ док.	Арк	№ док.	Підпис	Дата
--------	-----	--------	--------	------

- для СРШ-3 розрахунки будуть аналогічні так як електроприймачі однакові:

Таблиця 2.5 – Відомість електричних приймачів СРШ №3

№ на плані	Найменування електроприймачів	Кількість	P_n , кВт	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$
29	Ліфт вертикальний ДБ 1	1	3	0,82/0,7
30, 35	Завантажувальні прилади	2	3,2	0,83/0,67
31	Торцювальний верстат ДС 1	1	3,4	0,81/0,72
32, 42	Транспортери ДТ 4	2	2,8	0,8/0,75
33	Багатопильний верстат ЦМС	1	4	0,82/0,7
34	Верстат для закладення сучків	1	2,6	0,83/0,67
36	Фуговальний верстат	1	3	0,84/0,65
37, 40	Транспортери ДТ 6	2	3,8	0,85/0,62
38	Шипорізний верстат ДС 35	1	4,2	0,85/0,62
39	Прекладчик ДБ 14	1	3,6	0,8/0,75
41	Верстат чотирибічний ДС 38	1	5	0,8/0,75
43, 44	Верстати для встановлення напівпетель ДС 39	2	1,6	0,81/0,72
45	Верстат чотирибічний	1	6	0,8/0,75
46	Збірний полуавтомат ДА 2	1	2,5	0,82/0,7
47	Ліфт вертикальний	1	2,5	0,82/0,7
48	Верстат для зняття провисань ДС 40	1	1,2	0,81/0,72

Таблиця 2.6. Розрахункове навантаження для СРШ №3.

№ на плані	Найменування електроприймачів	P_n , кВт	$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi$	Розрахункові дані				
				$P_{p.l.}$, кВт	$Q_{p.l.}$, квар	$S_{p.l.}$, кВА	$I_{p.l.}$, А	$I_{пуск}$, А
29	Ліфт вертикальний ДБ 1	3	0,82/0,7	3	2,1	3,662	5,564	27,819
30, 35	Завантажувальні прилади	3,2	0,83/0,67	3,2	2,144	3,852	5,852	29,261
31	Торцювальний верстат ДС 1	3,4	0,81/0,72	3,4	2,448	4,19	6,365	31,827
32, 42	Транспортери ДТ 4	2,8	0,8/0,75	2,8	2,1	3,5	5,318	26,588
33	Багатопильний верстат ЦМС	4	0,82/0,7	4	2,8	4,883	7,418	37,092
34	Верстат для закладення сучків	2,6	0,83/0,67	2,6	1,742	3,13	4,755	23,775
36	Фуговальний верстат	3	0,84/0,65	3	1,95	3,578	5,436	27,181
37, 40	Транспортери ДТ 6	3,8	0,85/0,62	3,8	2,356	4,471	6,793	33,966
38	Шипорізний верстат ДС 35	4,2	0,85/0,62	4,2	2,604	4,942	7,58	37,541
39	Прекладчик ДБ 14	3,6	0,8/0,75	3,6	2,7	4,5	6,837	34,185
41	Верстат чотирибічний ДС 38	5	0,8/0,75	5	3,75	6,25	9,496	47,479
43, 44	Верстати для встановлення напівпетель ДС 39	1,6	0,81/0,72	1,6	1,152	1,972	2,995	14,977
45	Верстат чотирибічний	6	0,8/0,75	6	4,5	7,5	11,395	56,975
46	Збірний полу автомат ДА 2	2,5	0,82/0,7	2,5	1,75	3,052	4,636	23,182
47	Ліфт вертикальний	2,5	0,82/0,7	2,5	1,75	3,052	4,636	23,182
48	Верстат для зняття провисань ДС 40	1,2	0,81/0,72	1,2	0,864	1,479	2,247	11,233

БР 5.6.141.104 ПЗ

Арк.

25

2.2 Визначення розрахункового силового навантаження на другому рівні електропостачання

На другому рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЕ. Оскільки одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде більшим від середнього навантаження за максимально завантажену зміну (за малої кількості ЕП) або дорівнювати йому (зазначеної кількості ЕП), що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних навантажень $K_{P.A.}$ і розрахункових реактивних навантажень $K_{P.P.}$.

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K_{P.A.}$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , середньо виваженого коефіцієнта використання активної потужності $K_{B.CB.}$ та сталої часу нагрівання мережі T_0 , яка на другому рівні електропостачання приймається $T_0=10$ хв (розрахунковий інтервал часу $3T_0=30$ хв).

Ефективне число ЕП n_e – це така умовна кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яка обумовлює те саме значення розрахункового навантаження, які група ЕП різних за режимом роботи та потужністю. Величина ефективного числа ЕП n_e визначається так:

$$\eta_e = \frac{(\sum_{i=1}^n \rho_{ном.i})^2}{\sum_{i=1}^n \rho_{ном.i}^2}, \quad 2.6$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

$\rho_{ном.i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП при $TB=1$.

Знайдені за формулою 2.6 значення η_e округляються до найближчого меншого цілого числа.

Для груп різних ЕП різної потужності та різного режиму роботи середньо виважений коефіцієнт використання активної потужності

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АДК.
						26
...	АДК	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{см.i}}{\sum_{i=1}^k P_{ном.i}}, \quad 2.7$$

де k – кількість характерних груп ЕП;

$P_{см.i}$ – групова середня активна потужність за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП;

$P_{ном.i}$ – групова номінальна активна потужність i -ї групи ЕП, яка визначається за формулою:

$$P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i} \quad 2.8$$

Групове середнє активне навантаження за максимально завантаженою зміну i -ї групи ЕП визначається за формулою:

$$P_{см.i} = \sum_{i=1}^n k_{в.i} p_{ном.i}, \quad 2.9$$

де n – кількість ЕП в групі;

$k_{в.i}$ – коефіцієнт використання активної потужності i -го ЕП;

$p_{ном.i}$ – номінальна активна потужність i -го при $TВ=1$.

Коефіцієнти використання активної потужності $k_{в}$ наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі. Якщо в довідникових матеріалах наведені інтервальні значення $k_{в}$, то для розрахунку приймають його найбільше значення.

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{р.а}$ на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі.

На другому рівні електропостачання розрахункове силове активне навантаження $P_{р.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{р.2}$ для n ЕП в групі визначаються за формулами:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АДК.
						27
№ п/п	АДК	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$P_{p.2} = K_{p.a} \sum_{i=1}^n k_{в.i} p_{ном.i} = K_{p.a} \sum_{i=1}^n p_{см.i}, \quad 2.10$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p} \sum_{i=1}^n k_{в.i} p_{ном.i} tg\varphi_{ном.i} = K_{p.p} \sum_{i=1}^n q_{см.i}, \quad 2.11$$

де $p_{см.i}$, $q_{см.i}$ – середні активна та реактивна потужності за максимально завантаженою зміну i -го ЕП відповідно;

$tg\varphi_{ном.i}$ – відповідає номінальному значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_{ном.i}$, яке характерне для даного виду ЕП.

У формулі (2.11) коефіцієнт розрахункових реактивних навантажень $K_{p.p}$ при числі ефективних ЕП $\eta_e \leq 10$ приймається $K_{p.p} = 1,1$, а при $\eta_e \geq 10$ приймається $K_{p.p} = 1$.

У випадках, коли розрахункове активне навантаження групи ЕП $P_{p.2}$ менше за номінальну потужність найбільш потужного ЕП групи, слід приймати $P_{p.2} = p_{ном.макс}$.

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається так:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2}, \quad 2.12$$

При цьому розрахунковий струм

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3}U_{ном}}. \quad 2.13$$

Однофазний ЕП ураховується як еквівалентний трифазний ЕП з номінальною потужністю:

– при вмиканні на фазну напругу

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						28
Зміст	АРК	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$p_{\text{НОМ}} = 3p_{\text{НОМ.0}} , \quad 2.14$$

$$q_{\text{НОМ}} = 3q_{\text{НОМ.0}} , \quad 2.15$$

– при вмиканні на між фазну напругу

$$p_{\text{НОМ}} = \sqrt{3}p_{\text{НОМ.0}} , \quad 2.16$$

$$q_{\text{НОМ}} = \sqrt{3}q_{\text{НОМ.0}} , \quad 2.17$$

де $p_{\text{НОМ}}$, $q_{\text{НОМ}}$ – номінальні активна і реактивна потужності однофазного ЕП відповідно.

Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії доцільно виконувати за єдиною формою (таблиця 2.7):

Таблиця 2.7. Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії на другому та третьому рівнях електропостачання.

Вихідні дані						Розрахункові величини		Ефективне число ЕП n_e , шт	Коефіцієнти розрахункових навантажень	Розрахункові навантаження			Розрахунковий струм, А
Завдання технологів			Довідкові дані			$P_{\text{см}}$	$Q_{\text{см}}$			Активне, кВт	Реактивне, квар	Повне, кВА	
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт	номіналь на потужність		Коефіцієнт використання	Коефіцієнти потужності $\cos\phi/\text{tg}\phi$								
		Одного ЕП	Загальна										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Використовуючи формули 2.6-2.17 розрахуємо значення та заповнимо таблицю 2.7:

– для СРШ-1:

Оскільки за умовою ЕП 4,5,6 однофазні, то вони ураховуються в графі 3 як еквівалентний трифазний ЕП з номінальною потужністю (2.14-2.17):

$$p_{\text{НОМ}4} = 3p_{\text{НОМ}0} = 3 \cdot 4,5 = 13,5 \text{ кВт};$$

$$p_{\text{НОМ}5,6} = 3p_{\text{НОМ}0} = 3 \cdot 3,8 = 11,4 \text{ кВт}.$$

Ефективне число ЕП η_e :

$$\eta_e = \frac{(\sum_{i=1}^8 \rho_{\text{НОМ}i})^2}{\sum_{i=1}^8 \rho_{\text{НОМ}i}^2} =$$

$$= \frac{(2 \cdot 5 + 7,5 + 13,5 + 2 \cdot 11,4 + 2 \cdot 2,5)^2}{2 \cdot 5^2 + 7,5^2 + 13,5^2 + 2 \cdot 11,4^2 + 2 \cdot 2,5^2} = 12,9 \text{ шт.}$$

Приймається найближче менше ціле число $\eta_e = 12$.

Середня активна потужність за максимально завантажену зміну:

$$P_{\text{см}1,2} = 0,5 \cdot 10 = 5 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{см}i} = \sum_{i=1}^8 k_{\text{в}i} p_{\text{НОМ}i} = 41,19 \text{ кВт}.$$

Середня реактивна потужність за максимально завантажену зміну:

$$Q_{\text{см}1,2} = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ квар};$$

$$Q_{\text{см}i} = \sum_{i=1}^8 k_{\text{в}i} p_{\text{НОМ}i} \text{tg} \varphi_i = 29,97 \text{ квар}.$$

Визначимо середньо виважений коефіцієнт використання активної потужності:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						30
Зміст	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=1}^8 P_{см.i}}{\sum_{i=1}^8 P_{ном.i}} = \frac{41,19}{58,8} = 0,7.$$

Визначимо розрахункове силове активне навантаження $P_{p.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p.2}$:

$$P_{p.2} = K_{p.a} \sum_{i=1}^8 p_{см.i} = 1 \cdot 41,19 = 41,19 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p} \sum_{i=1}^8 q_{см.i} = 1 \cdot 29,97 = 29,97 \text{ квар.}$$

Розрахункове силове повне навантаження:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2} = \sqrt{41,19^2 + 29,97^2} = 51,95 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{51,95}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 98,2 \text{ А.}$$

– для СРШ-2:

Ефективне число ЕП η_e :

$$\eta_e = \frac{(\sum_{i=9}^{28} \rho_{ном.i})^2}{\sum_{i=9}^{28} \rho_{ном.i}^2} = 17,85 \text{ шт.}$$

Приймається найближче менше ціле число $\eta_e = 17$.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						31
Зам.	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		

Середня активна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$P_{см.9} = 0,6 \cdot 3 = 1,8 \text{ кВт};$$

Для інших ЕП проводимо аналогічні розрахунки.

$$P_{см.i} = \sum_{i=9}^{28} k_{в.i} p_{ном.i} = 42,74 \text{ кВт.}$$

Середня реактивна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$Q_{см.9} = 1,8 \cdot 0,7 = 2,6 \text{ квар};$$

Для інших ЕП проводимо аналогічні розрахунки.

$$Q_{см.i} = \sum_{i=9}^{28} k_{в.i} p_{ном.i} tg\varphi_i = 29,56 \text{ квар.}$$

Визначимо середньо виважений коефіцієнт використання активної потужності:

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=9}^{28} P_{см.i}}{\sum_{i=9}^{28} P_{ном.i}} = \frac{42,74}{63,8} = 0,67.$$

Визначимо розрахункове силове активне навантаження $P_{р.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{р.2}$:

$$P_{р.2} = K_{р.а} \sum_{i=9}^{28} p_{см.i} = 1 \cdot 42,74 = 42,74 \text{ кВт};$$

$$Q_{р.2} = K_{р.р} \sum_{i=9}^{28} q_{см.i} = 1 \cdot 29,56 = 29,56 \text{ квар.}$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						32
.....	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розрахункове силове повне навантаження:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2} = \sqrt{42,74^2 + 29,56^2} = 51,99 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{51,99}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 78,99 \text{ А.}$$

– для СРШ-3 розрахунки аналогічні:

Ефективне число ЕП η_e :

$$\eta_e = \frac{(\sum_{i=9}^{28} \rho_{НОМ.i})^2}{\sum_{i=9}^{28} \rho_{НОМ.i}^2} = 17,85 \text{ шт.}$$

Приймається найближче менше ціле число $\eta_e = 17$.

Середня активна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$P_{см.i} = \sum_{i=29}^{48} k_{в.i} p_{НОМ.i} = 42,74 \text{ кВт.}$$

Середня реактивна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$Q_{см.i} = \sum_{i=29}^{48} k_{в.i} p_{НОМ.i} tg\varphi_i = 29,56 \text{ квар.}$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						33
.....	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		

Визначимо середньо виважений коефіцієнт використання активної потужності:

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=29}^{48} P_{см.i}}{\sum_{i=29}^{48} P_{ном.i}} = \frac{42,74}{63,8} = 0,67.$$

Визначимо розрахункове силове активне навантаження $P_{p.2}$ і розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p.2}$:

$$P_{p.2} = K_{p.a} \sum_{i=29}^{48} p_{см.i} = 1 \cdot 42,74 = 42,74 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.2} = K_{p.p} \sum_{i=29}^{48} q_{см.i} = 1 \cdot 29,56 = 29,56 \text{ квар.}$$

Розрахункове силове повне навантаження:

$$S_{p.2} = \sqrt{P_{p.2}^2 + Q_{p.2}^2} = \sqrt{42,74^2 + 29,56^2} = 51,99 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_{p.2} = \frac{S_{p.2}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{51,99}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 78,99 \text{ А.}$$

Отримані дані занесемо в таблицю 2.8.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	АРК.
						34
.....	АРК	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8. Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії на другому та третьому рівнях електропостачання.

Вихідні дані						Розрахункові величини		Ефективне число ЕП n_e , шт	Коефіцієнти розрахункових навантажень $\frac{K_{p.a.}}{K_{p.p.}}$	Розрахункові навантаження			Розрахунковий струм, А
Завдання технологів				Довідкові дані		P_{cm}	Q_{cm}			Активне, кВт	Реактивне, квар	Повне, кВА	
Найменування ЕП	Кількість ЕП, шт	Номінальна потужність		Коефіцієнт використання	Коефіцієнти потужності $\cos\phi/\tan\phi$								
		Одного ЕП	Загальна										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
СРШ-1													
Вентилятор	2	5	10	0,5	0,8/0,75	5	3,75		1,03/1	5,00	3,75	6,25	9,50
Компресор	1	7,5	7,5	0,6	0,8/0,75	4,50	3,38		1/1	4,50	3,38	5,63	14,76
Машина електростатичного фарбування	1	13,5	13,5	0,7	0,8/0,75	9,45	7,09		1/1	9,45	7,09	11,81	31,00
Зарядні агрегати	2	11,4	22,8	0,8	0,9/0,48	18,24	8,83		1/1	18,24	8,83	20,27	30,79
Токарні станки	2	2,5	5	0,8	0,51,73	4	6,93		1/1	4,00	6,93	8,00	12,15
			58,8	0,7		41,19	29,97	12		41,19	29,97	51,95	98,20

БР 5.6.141.104 ПЗ

з... АДК № док.м. Підпис Дата БР 5.6.141.104 ПЗ АДК 36	СРШ-2														
	Ліфти вертикальні ДБ 1	1	3	3	0,6	0,82/0,70	1,8	1,26			1/1	1,80	1,26	2,20	3,34
	Загрузочні прилади	2	3,2	6,4	0,75	0,83/0,67	4,8	3,23			1/1	4,80	3,23	5,78	8,79
	Торцеві станки ДС 1	1	3,4	3,4	0,75	0,81/0,72	2,55	1,85			1/1	2,55	1,85	3,15	4,78
	Транспортери ДТ 4	2	2,8	5,6	0,95	0,8/0,75	5,32	3,99			1/1	5,32	3,99	6,65	10,10
	Багатопильні станки ЦМС	1	4	4	0,45	0,82/0,70	1,8	1,26			1/1	1,80	1,26	2,20	3,34
	Верстати для закладення сучків	1	2,6	2,6	0,4	0,83/0,67	1,04	0,70			1/1	1,04	0,70	1,25	1,90
	Фуговальні верстати	1	3	3	0,5	0,84/0,65	1,5	0,97			1/1	1,50	0,97	1,79	2,71
	Транспортери ДТ 6	2	3,8	7,6	0,6	0,85/0,62	4,56	2,83			1/1	4,56	2,83	5,36	8,15
	Шипорізні верстати ДС 35	1	4,2	4,2	0,7	0,85/0,62	2,94	1,82			1/1	2,94	1,82	3,46	5,26
	Прекладчики ДБ 14	1	3,6	3,6	0,95	0,8/0,75	3,42	2,57			1/1	3,42	2,57	4,28	6,50
	Верстати чотирьохсторонні ДС 38	1	5	5	0,8	0,8/0,75	4	3,00			1/1	4,00	3,00	5,00	7,60
	Верстати для постановки полупетель ДС 39	2	1,6	3,2	0,85	0,81/0,72	2,72	1,97			1/1	2,72	1,97	3,36	5,10

Знач.														
Адк														
№ док.м.														
Підпис														
Дата														
БР 5.6.141.104 ПЗ	Верстат чотирьохсторонній	1	6	6	0,5	0,84/0,65	3	1,94		1/1	3,00	1,94	3,57	5,43
	Збірні полуавтомати ДА 2	1	2,5	2,5	0,45	0,82/0,70	1,13	0,79		1/1	1,13	0,79	1,37	2,08
	Ліфти вертикальні	1	2,5	2,5	0,6	0,85/0,62	1,5	0,93		1/1	1,50	0,93	1,76	2,68
	Верстат для зняття провисань ДС 40	1	1,2	1,2	0,55	0,81/0,72	0,66	0,48		1/1	0,66	0,48	0,81	1,24
				63,8	0,67		42,74	29,56	17		42,74	29,56	51,99	78,99
	СРШ-3													
	Ліфти вертикальні ДБ 1	1	3	3	0,6	0,82/0,70	1,8	1,26		1/1	1,80	1,26	2,20	3,34
	Загрузочні прилади	2	3,2	6,4	0,75	0,83/0,67	4,8	3,23		1/1	4,80	3,23	5,78	8,79
	Торцеві станки ДС 1	1	3,4	3,4	0,75	0,81/0,72	2,55	1,85		1/1	2,55	1,85	3,15	4,78
	Транспортери ДТ 4	2	2,8	5,6	0,95	0,8/0,75	5,32	3,99		1/1	5,32	3,99	6,65	10,10
	Багатопильні станки ЦМС	1	4	4	0,45	0,82/0,70	1,8	1,26		1/1	1,80	1,26	2,20	3,34
	Верстати для закладення сучків	1	2,6	2,6	0,4	0,83/0,67	1,04	0,70		1/1	1,04	0,70	1,25	1,90
	Фуговальні верстати	1	3	3	0,5	0,84/0,65	1,5	0,97		1/1	1,50	0,97	1,79	2,71
	Транспортери ДТ 6	2	3,8	7,6	0,6	0,85/0,62	4,56	2,83		1/1	4,56	2,83	5,36	8,15
Шипорізні	1	4,2	4,2	0,7	0,85/0,62	2,94	1,82		1/1	2,94	1,82	3,46	5,26	

№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.	№ док.
верстати ДС 35														
Прекладчики ДБ 14	1	3,6	3,6	0,95	0,8/0,75	3,42	2,57		1/1	3,42	2,57	4,28	6,50	
Верстати чотирьохсторонні ДС 38	1	5	5	0,8	0,8/0,75	4	3,00		1/1	4,00	3,00	5,00	7,60	
Верстати для постановки полупетель ДС 39	2	1,6	3,2	0,85	0,81/0,72	2,72	1,97		1/1	2,72	1,97	3,36	5,10	
Верстат чотирьохсторонній	1	6	6	0,5	0,84/0,65	3	1,94		1/1	3,00	1,94	3,57	5,43	
Збірні полуавтомати ДА 2	1	2,5	2,5	0,45	0,82/0,70	1,125	0,79		1/1	1,13	0,79	1,37	2,08	
Ліфти вертикальні	1	2,5	2,5	0,6	0,85/0,62	1,5	0,93		1/1	1,50	0,93	1,76	2,68	
Верстат для зняття провисань ДС 40	1	1,2	1,2	0,55	0,81/0,72	0,66	0,48		1/1	0,66	0,48	0,81	1,24	
			63,8	0,67		42,74	29,56	17		42,74	29,56	51,99	78,99	

БР 5.6.141.104 ПЗ

2.3 Визначення розрахункового силового навантаження на третьому рівні електропостачання

На третьому рівні електропостачання через значну кількість ЕП допускається величину ефективного числа ЕП η_e визначати за спрощеною формулою

$$\eta_e = \frac{2 \sum_{i=1}^m p_{\text{ном.}i}}{p_{\text{ном.макс}}}, \quad 2.18$$

де m – усі ЕП, які живляться від шин НН КТП;

$p_{\text{ном.макс}}$ – номінальна активна потужність найбільш потужного ЕП усієї групи.

Середньо виважений коефіцієнт використання активної потужності визначається за формулою (2.7), але для всіх працюючих ЕП кількістю m .

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{p.a}$ наводяться у відповідній довідковій технічній літературі.

На третьому рівні електропостачання розрахункове силове активне $P_{p.3}$ та реактивне $Q_{p.3}$ навантаження визначається формулою:

$$P_{p.3} = K_{p.a} \sum_{i=1}^m k_{в.i} p_{\text{ном.}i} = K_{p.a} \sum_{i=1}^m p_{\text{см.}i}, \quad 2.19$$

$$Q_{p.3} = K_{p.p} \sum_{i=1}^m k_{в.i} p_{\text{ном.}i} \text{tg}\varphi_{\text{ном.}i} = P_{p.3} \text{tg}\varphi_{\text{св}}, \quad 2.20$$

де $\text{tg}\varphi_{\text{св}}$ відповідає середньо виваженому значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi_{\text{св}}$.

$$K_{p.p} = K_{p.a}$$

Розрахункове силове повне навантаження цеху на третьому рівні електропостачання можна визначити так:

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2}, \quad 2.21$$

При цьому розрахунковий струм

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3}U_{ном}}. \quad 2.22$$

Розрахуємо силове навантаження на третьому рівні електропостачання використовуючи формули 2.18 – 2.22:

$$\eta_e = \frac{2 \sum_{i=1}^m p_{ном.i}}{p_{ном.макс}} = \frac{2 \cdot 186,4}{13,5} = 27,61 \text{ шт.}$$

Приймається найближче менше ціле число $\eta_e = 27$.

Середня активна потужність за максимально завантаженою зміну:

$$P_{см.i} = \sum_{i=1}^{48} k_{в.i} p_{ном.i} = 126,66 \text{ кВт.}$$

Середньо виважений коефіцієнт використання активної потужності:

$$K_{в.св} = \frac{\sum_{i=1}^{48} P_{см.i}}{\sum_{i=1}^{48} P_{ном.i}} = \frac{126,66}{186,4} = 0,68.$$

Розрахункове силове активне $P_{p.3}$ та реактивне $Q_{p.3}$ навантаження при $K_{p.a} = 0,85$:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						40
Змін	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$P_{p.3} = K_{p.a} \sum_{i=1}^{48} p_{cm.i} = 0,85 \cdot 126,66 = 107,66 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.3} = K_{p.p} \sum_{i=1}^{48} k_{в.i} p_{ном.i} tg\varphi_{ном.i} = 0,85 \cdot 89,09 = 75,72 \text{ квар.}$$

Розрахункове силове повне навантаження цеху:

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2} = \sqrt{107,66^2 + 75,72^2} = 131,62 \text{ кВА};$$

При цьому розрахунковий струм

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3}U_{ном}} = \frac{131,62}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 199,98 \text{ А.}$$

Отримані результати занесемо в таблицю 2.9.

2.4 Попередній розрахунок навантаження загального електричного освітлення цеху

Електричне освітлення виробничих приміщень є загальним рівномірним освітленням і виконується світильниками, які розподіляють рівномірно між окремими фазами трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження.

У попередніх розрахунках встановлене (номінальне) навантаження загального освітлення цеху можна визначити за формулою:

$$P_{уст.о} = k p_{п.о} F \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \quad 2.23$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						41
Змін	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

де k – коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла (для ламп розжарювання приймається $k=1,0$);

$p_{п.о}$ – питома установлена потужність загального освітлення цеху (орієнтовні значення для деревообробного цеху 15-18 Вт/м²);

F – площа цеху (або ділянки цеху), яка підлягає освітленню, м².

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху:

$$P_{р.о} = K_{п.о} P_{уст.о} , \quad 2.24$$

де $K_{п.о}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення (для виробничих будівель $K_{п.о} = 0,85$).

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху :

$$Q_{р.о} = P_{р.о} tg\varphi_0 \quad 2.25$$

де $tg\varphi_0$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi_0$ залежно від виду джерела світла (для ламп розжарювання $\cos\varphi_0 = 1$).

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху:

$$S_{р.о} = \sqrt{P_{р.о}^2 + Q_{р.о}^2} \quad 2.26$$

При цьому розрахунковий струм:

$$I_{р.о} = \frac{S_{р.о}}{\sqrt{3}U_{ном}} \quad 2.27$$

Визначимо за вказаними формулами розрахункове навантаження загального електричного освітлення цеху:

$$F = 48 \cdot 30 - 6 \cdot 24 = 1296 \text{ м}^2;$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						42
Змін.	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{уст.о}} = k p_{\text{п.о}} F \cdot 10^{-3} = 1 \cdot 18 \cdot 1296 \cdot 10^{-3} = 23,33 \text{ кВт};$$

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{п.о}} P_{\text{уст.о}} = 0,85 \cdot 23,33 = 19,83 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{р.о}} = P_{\text{р.о}} \operatorname{tg} \varphi_0 = 0 \text{ квар};$$

$$S_{\text{р.о}} = \sqrt{P_{\text{р.о}}^2 + Q_{\text{р.о}}^2} = \sqrt{19,83^2 + 0} = 19,83 \text{ кВА}$$

$$I_{\text{р.о}} = \frac{S_{\text{р.о}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} = \frac{19,83}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,13 \text{ А.}$$

Отримані результати занесемо в таблицю 2.9.

2.5 Визначення розрахункового навантаження цехової трансформаторної підстанції

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП :

$$P_{\text{р.ЦТП}} = P_{\text{р.з}} + P_{\text{р.о}} + P_{\text{р.а.о.}} \quad 2.28$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження ЦТП:

$$Q_{\text{р.ЦТП}} = Q_{\text{р.з}} + Q_{\text{р.о}} + Q_{\text{р.а.о.}} \quad 2.29$$

Загальне розрахункове повне навантаження ЦТП:

$$S_{\text{р.ЦТП}} = \sqrt{P_{\text{р.ЦТП}}^2 + Q_{\text{р.ЦТП}}^2} \quad 2.30$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						43
Змін	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

Розрахунковий струм ЦТП:

$$I_{p.ЦТП} = \frac{S_{p.ЦТП}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} \quad 2.31$$

Проведемо розрахунки:

$$P_{p.ЦТП} = P_{p.з} + P_{p.o} + P_{p.a.o.} = 107,66 + 19,83 + 0,1 \cdot 19,83 = 129,47 \text{ кВт};$$

$$Q_{p.ЦТП} = Q_{p.з} + Q_{p.o} + Q_{p.a.o.} = 75,72 + 0 + 0 = 75,72 \text{ квар};$$

$$S_{p.ЦТП} = \sqrt{P_{p.ЦТП}^2 + Q_{p.ЦТП}^2} = \sqrt{129,47^2 + 75,72^2} = 153,44 \text{ кВА};$$

$$I_{p.ЦТП} = \frac{S_{p.ЦТП}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{153,44}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 233,12 \text{ А.}$$

Отримані результати занесемо в таблицю 2.9.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						44
Зміст	Арк	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9. Визначення розрахункового навантаження споживачів електроенергії цеху.

Вихідні дані			Розрахункові навантаження			Розрахунковий струм, А
Найменування	Кількість ЕП, шт	Номінальна потужність	Активне, кВт	Реактивне, квар	Повне, кВА	
1	2	4	5	6	7	8
СРШ-1	8	58,8	41,19	29,97	51,95	98,20
СРШ-2	20	63,8	42,74	29,56	51,99	78,99
СРШ-3	20	63,8	42,74	29,56	51,99	78,99
Робоче освітлення		23,33	19,83	0	19,83	30,13
Аварійне освітлення		2,33	1,98	0	1,98	3,01
Усього			129,47	75,72	153,44	233,12

2.6 Розрахунок пікових струмів

Піковий струм від групи більше п'яти ЕП напругою до 1 кВ при активно-індуктивному навантаженні з достатньою точністю можна визначити як арифметичну суму найбільшого з пускових струмів ЕД у групі та розрахункового струму всіх ЕП групи без номінального струму ЕД з найбільшим пусковим струмом при $T_B=1$.

$$I_{\text{пік}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_{p,2} - k_B I_{\text{ном.макс}}), \quad 2.32$$

де $I_{\text{пуск.макс}}$ – найбільший з пускових струмів одного ЕД у групі за паспортними даними;

$I_{p,2}$ – розрахунковий струм усіх ЕП групи;

k_B – коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$ – номінальний струм ЕД з найбільшим пусковим струмом при $T_B=1$.

Пікова (пускова) потужність визначається так:

$$S_{\text{пік(пуск)}} = \sqrt{3} U_{\text{ном}} I_{\text{пік(пуск)}} \quad 2.33$$

де $I_{\text{пік}}$ – піковий струм, який визначається за формулою (2.32), а пусковий струм $I_{\text{пуск}}$ за формулою (2.5).

Використовуючи раніше розраховані дані (з таблиці 2.8) отримаємо:

– для СРШ1:

$$I_{\text{ном.макс}} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1} = 14,24 \text{ А};$$

$$I_{\text{пуск}} = 14,24 \cdot 5 = 71,22 \text{ А};$$

$$I_{\text{пік}} = 71,22 + (98,2 - 0,6 \cdot 14,24) = 160,88 \text{ А};$$

$$S_{\text{пік(пуск)}} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 160,88 = 105,89 \text{ кВА}.$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

– для СРШ2:

$$I_{\text{ном.макс}} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,84 \cdot 1} = 10,85 \text{ A};$$

$$I_{\text{пуск}} = 10,85 \cdot 5 = 54,26 \text{ A};$$

$$I_{\text{пик}} = 54,26 + (78,99 - 0,5 \cdot 10,85) = 127,83 \text{ A};$$

$$S_{\text{пик(пуск)}} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 127,83 = 84,13 \text{ кВА.}$$

– для СРШ3:

$$I_{\text{ном.макс}} = \frac{6}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,84 \cdot 1} = 10,85 \text{ A};$$

$$I_{\text{пуск}} = 10,85 \cdot 5 = 54,26 \text{ A};$$

$$I_{\text{пик}} = 54,26 + (78,99 - 0,5 \cdot 10,85) = 127,83 \text{ A};$$

$$S_{\text{пик(пуск)}} = \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 127,83 = 84,13 \text{ кВА.}$$

Отримані результати занесемо в таблицю 2.10 для зручності подальшого використання.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця 2.10. Розрахунок пікових навантажень

Найменування ПРЕ	Дані найпотужнішого ЕП			Розрахунковий струм, $I_{p,2}$, А	Коефіцієнт використання k_B , в.о	Піковий струм $I_{пик}$, А
	Номер	Номінальний струм $I_{ном.макс}$, А	Пусковий струм $I_{пуск.макс}$, А			
СРШ1	3	14,24	71,22	92,2	0,6	160,88
СРШ2	25	10,85	54,26	78,99	0,5	127,83
СРШ3	45	10,85	54,26	78,99	0,5	127,83

3 Вибір кількості та потужності трансформаторів цехової ТП

3.1 Вибір кількості, коефіцієнта завантаження та потужності трансформаторів цехової підстанції

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження трансформатора β_T (для двотрансформаторних ПС, які живлять переважно ЕП 1-ї категорії надійності $\beta_T=0,65-0,7$) за емпіричною формулою:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.цтп}}}{N\beta_T}, \quad 3.1$$

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

$P_{\text{р.цтп}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження ЦТП;

N – кількість трансформаторів.

Оскільки споживач відноситься до 1-ї категорії, то ПС буде двотрансформаторною, тоже:

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.цтп}}}{N\beta_T} = \frac{129,47}{2 \cdot 0,65} = 99,59 \text{ кВА.}$$

Вибираємо найближчий більший з номінальною потужністю $S_{\text{ном.т}} = 400$ кВА типу ТМФ-400/10. Отже, КТП буде складатися з 2х ТМФ-400/10.

3.2 Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 0,4 кВ.

Реактивна потужність визначається:

$$Q_T = \sqrt{(N\beta_T S_{\text{ном.т}})^2 - P_{\text{р.цтп}}^2}, \quad 3.2$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						49
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_T = \sqrt{(2 \cdot 0,65 \cdot 400)^2 - 129,47^2} = 503,62 \text{ квар,}$$

Потужність НК з номінальною напругою 0,4 кВ визначається:

$$Q_{\text{н.к}} = Q_{\text{р.ЦТП}} - Q_T, \text{ квар} \quad 3.3$$

$$Q_{\text{н.к}} = 75,72 - 503,62 = -427,9 \text{ квар.}$$

Оскільки $Q_{\text{н.к}} < 0$, то встановлювати конденсатори з номінальною напругою 0,4 кВ не потрібно.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

4 Вибір перерізу провідників

4.1 Вибір перерізу кабельної лінії напругою понад 1 кВ

4.1.1 Вибір перерізу кабелю за нормальним режимом

Струм для нормального режиму при радіальній схемі:

$$I_{\text{норм}} = I_{\text{ном.т.1}} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном.т.1}}}, \text{ А} \quad 4.1$$

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

$U_{\text{ном.т.1}}$ – номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

Економічно вигідний переріз кабелів визначається:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{ек}}}, \text{ мм}^2 \quad 4.2$$

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

$J_{\text{ек}}$ – нормоване значення економічно вигідної густини струму, А/мм², з таблиці 1.3.36 ПУЕ. (для кабелів з гумовою та пластмасовою ізоляцією з алюмінієвими жилами $J_{\text{ек}} = 1,6$ А/мм² для навантаження понад 5000 год/рік).

$$I_{\text{норм}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 23,09 \text{ А};$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{23,09}{1,6} = 14,43, \text{ мм}^2.$$

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{\text{ек}}$ округляємо до найближчого стандартного перерізу $S_{\text{ст}} = 16 \text{ мм}^2$.

4.1.2. Перевірка перерізу кабелю за максимальним режимом

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для даного кабелю струм з урахуванням умови прокладки та відхилення параметрів

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						51
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навколишнього середовища від стандартних умов $\Gamma_{\text{доп}}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{\text{пер}}$, які наводяться 1.3.1. і 1.3.2. ПУЕ, порівнюють зі струмом його форсованого режиму I_{ϕ} з урахуванням коефіцієнта $K_{\text{рез}}$:

$$K_{\text{пер}}\Gamma_{\text{доп}} \geq I_{\phi} = K_{\text{рез}}I_{\text{норм}}, \text{ А.} \quad 4.3$$

де $K_{\text{пер}} = 1$ (оскільки у вихідних даних не задається графік навантаження ЕП цеху);

$K_{\text{рез}}$ – для двотрансформаторних ПС виникає через аварію в одному з трансформаторів або кабелів, які їх живлять а також під час ремонту одного з трансформаторів і приймається коефіцієнт резерування $K_{\text{рез}} = 1,4$.

Допустимий тривалий струм для кабелів напругою 10(6) кВ з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх тривалому характері визначається так:

$$\Gamma_{\text{доп}} = K_{\text{сер}}K_{\text{пр}}I_{\text{доп}}, \text{ А,} \quad 4.4$$

де $K_{\text{сер}}$ – поправки вий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища, якщо вона відмінна від стандартної (таблиця 1.3.3 ПУЕ);

$K_{\text{пр}}$ – поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ)(для двох кабелів на відстані 100 мм $K_{\text{пр}} = 0,9$);

$I_{\text{доп}}$ – допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (для однієї окремої лінії; стандартних температур для землі та води $+15^{\circ}\text{C}$ та $+25^{\circ}\text{C}$ для повітря) залежно від матеріалу жил, їх ізоляції, способу прокладання, А (таблиця 1.3.16 ПУЕ) (для трьохжильного кабелю 16мм^2 напругою 10 кВ $I_{\text{доп}} = 75 \text{ А}$).

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						52
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища $K_{сер}$ можна також обчислити за формулою:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{T_{ж.н} - T_{сер}}{T_{ж.н} - T_{сер.н}}}, \quad 4.5$$

де $T_{ж.н}$, $T_{сер}$ – нормовані тривало допустимі температури жили та середовища відповідно (для кабелів з алюмінієвими суцільними жилами й паперовою ізоляцією $T_{ж.н} = 60^\circ\text{C}$ при температурі землі $+15^\circ\text{C}$);

$T_{сер}$ – фактична температура навколишнього середовища.

Таблиця 4.1 – Допустимі температури провідників у нормальному, форсованому та аварійному режимах

Вид провідника	Допустима температура жили $T_{ж.н}$, °C		
	тривала за нормами	короткотривала при перевантаженнях	гранична при коротких замиканнях
Кабелі з паперовою просоченою ізоляцією: – до 1 кВ – 6 кВ – 10 кВ	80	125	200
	65	100	200
	60	90	200
Кабелі і проводи з ізоляцією: – гумовою звичайною – гумовою теплостійкою – полівінілхлоридною – поліетиленовою	55	100	150
	65	110	150
	70	90	150
	70	80	120

Примітка. Зазначені в таблиці температури справедливі за умов нормованих температур навколишнього середовища: землі або води $+15^\circ\text{C}$, повітря $+25^\circ\text{C}$.

Струм його форсованого режиму:

$$I_{\phi} = K_{\text{рез}} I_{\text{норм}} = 1,4 \cdot 23,09 = 32,33 \text{ А},$$

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{60 - 15}{60 - 10}} = 0,95;$$

$$I_{\text{доп}} = 0,95 \cdot 0,9 \cdot 75 = 64,13 \text{ А},$$

З розрахунків можемо бачити, що умова перевірки перерізу кабелю в режимі максимального навантаження виконується:

$$64,13 \text{ А} > 32,33 \text{ А}.$$

4.1.3. Перевірка перерізу кабелю на термічну стійкість

При напрузі понад 1 кВ кабелі, які захищаються запобіжниками, на термічну стійкість при КЗ не перевіряються.

Термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом кабелю (мм^2), термостійким до струмів КЗ, як:

$$S_{\text{мін}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{I_k^2 t}}{C} = \frac{I_k \sqrt{t}}{C}, \quad 4.6$$

де B_k – тепловий імпульс струму КЗ, $\text{А}^2 \text{с}$;

C – температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури кабелю (наводиться в довідниках), $\text{Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$ (для кабелів з паперовою ізоляцією $C = 94 \text{ Ас}^{1/2}/\text{мм}^2$).

$I_k = I_{\text{п.о}}$ – початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ, А;

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

t – дійсний час вимикання КЗ, с.

Величина дійсного часу вимикання КЗ t складається за часу дії основного релейного захисту $t_{\text{зах}}$, часу вимикання вимикача $t_{\text{вимк.в}}$ (можна прийняти 0,05с) і сталої часу аперіодичної складової струму КЗ ($T_a=0,05$ с).

$$t = t_{\text{зах}} + t_{\text{вимк.в}} + T_a, \text{ с} \quad 4.7$$

Основним захистом для радіальних схем живлення ЦТП без ЕА на вводі до трансформатора (глухий ввід) при коротких лініях, що характерно для промислових підприємств, є струмова відсічка (СВ). У цьому випадку дійсний час вимикання КЗ можна прийняти $t = 0,2$ с.

Для кабелю 16 мм^2 довжиною 100м повний опір складає 0,195 Ом. Тоді:

$$I_k = I_{\text{п.о}} = \frac{10500}{\sqrt{3} \cdot 0,195} = 3,109 \text{ кА};$$

$$S_{\text{мін}} = \frac{3109\sqrt{0,2}}{94} = 14,79 \text{ мм}^2.$$

Таким чином $S_{\text{ст}} = 16 \text{ мм}^2 > S_{\text{мін}} = 14,79 \text{ мм}^2$, умова виконується. Отже, вибраний кабель ААШВ-10 (3х95) залишаємо.

4.2. Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1кВ

Вибір перерізу кабелю при нагріванні в нормальному режимі полягає у визначенні такого мінімального перерізу, який допускає струм не менше розрахункового

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.2}}, \quad 4.8$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

де $I_{p,2}$ – розрахунковий струм 2-го рівня електропостачання.

Допустимий тривалий струм для кабелів з врахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов при їх довготривалому характері визначається з урахуванням поправкового коефіцієнта $K_{\text{попр}}$ так:

$$I_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} K_{\text{пр}} K_{\text{попр}} I_{\text{доп}}, \text{ А}, \quad 4.9$$

де $K_{\text{попр}} = 0,92$ (поправковий коефіцієнт $K_{\text{попр}}$ уводиться при визначенні $I_{\text{доп}}$ для чотирижильних кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті з таблиці 1.3.7 ПУЕ як для трижильних кабелів).

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за умов допустимої втрати напруги та відповідності до захисного апарата.

Форсований режим в електричних мережах напругою до 1кВ буває досить рідко.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається так:

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_{p,2} R_{\text{кб}} + Q_{p,2} X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \quad 4.10$$

де $P_{p,2}$, $Q_{p,2}$ – максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання відповідно, кВт і квар;

$R_{\text{кб}}$ і $X_{\text{кб}}$ – активний і реактивний опори кабелю відповідно, Ом;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами:

$$R_{\text{кб}} = r_{\text{п}} l_{\text{кб}}, \quad 4.11$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$Q_{кб} = x_{п} l_{кб} , \quad 4.12$$

де $r_{п}$ і $x_{п}$ – активний і реактивний питомі опори кабелю відповідно, Ом/км;

$l_{кб}$ – довжина кабелю, км.

Для кабелю марки АВВГ з полівінілхлоридною ізоляцією поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища з таблиці 4.1:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{70 - 15}{70 - 10}} = 0,96$$

При прокладці кабелю в середині приміщення цеху поправковий коефіцієнт $K_{пр} = 1$.

З попередніх розрахунків (таблиця 2.8) струм 2-го рівня для:

– СРШ 1 $I_{р.2} = 98,2$ А.

З таблиці [1, с.246] для трижильного кабелю при прокладенні у землі зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 25$ мм² допустимий струм $I_{доп} = 115$ А. За формулою (4.9):

$$I_{доп} = 0,96 \cdot 1 \cdot 0,92 \cdot 115 = 101,57 \text{ А.}$$

Умова виконується:

$$I_{доп} = 101,57 \text{ А} > I_{р.2} = 98,2 \text{ А}$$

З таблиці 2.8 розрахункове активне навантаження 2-го рівня електропостачання $P_{р.2} = 41,19$ кВт, розрахункове реактивне навантаження 2-го рівня електропостачання $Q_{р.2} = 29,97$ квар.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

З таблиці [1, с.248] для кабелю зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 25 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори кабелю: $r_{\Pi} = 1,25 \text{ мОм/м}$, $x_{\Pi} = 0,091 \text{ мОм/м}$. довжини кабелю $l_{кб} = 40 \text{ м}$. Тоді:

$$R_{кб1} = 1,25 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0,05 \text{ Ом};$$

$$Q_{кб1} = 0,091 \cdot 40 \cdot 10^{-3} = 0,0036 \text{ Ом}.$$

$$\Delta U_{кб1} = \frac{41,19 \cdot 0,05 + 29,97 \cdot 0,0036}{10 \cdot 0,38^2} = 1,5 \%$$

Оскільки величина втрати напруги в кабелі не перевищує допустимої (5%), то переріз кабелю вибраний правильно.

Таки чином, вибирається чотирижильний кабель АВВГ(3х25+1х16).

Результати розрахунків занесемо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Вибір перерізу кабелів живильної мережі цеху.

Кабель до СРШ	$S_{ст}$, мм ²	$\Gamma_{доп}$, А	$I_{р.2}$, А	$\Delta U_{кб}$, %	Тип кабелю
До СРШ 1	25	101,57	98,2	1,5	АВВГ(3х25+1х16).
До СРШ 2	16	79,49	78,99	1,79	АВВГ(3х16+1х10)
До СРШ 3	16	79,49	78,99	1,19	АВВГ(3х16+1х10)
До ЩРО	4	36,48	30,13	3,86	АВВГ(3х4+1х2,5)

Остаточний переріз кабелів вибирається лише після перевірки за умови відповідності захисному апарату.

4.3 Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ

В електричних мережах напругою до 1 кВ переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{p,1}, \quad 4.13$$

де $I_{p,1}$ – розрахунковий струм 1-го рівня електропостачання (номінальний струм ЕП).

Допустимий тривалий струм для проводів $I_{\text{доп}}$ з полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів у трубі наводиться в таблиці 1.3.5 ПУЕ та в таблиці [1, с.247].

Для остаточного вибору перерізу проводу слід провести всі перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимою втратою напруги та за умови відповідності захисному апарату (підрозділ 6.3). Переріз провідників приймається найбільшим за вище наведеними вимогами.

За умовою механічної міцності мінімальний переріз алюмінієвих проводів – $2,5\text{мм}^2$, мідних – $1,5\text{мм}^2$.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається так:

$$\Delta U_{\text{пр}} = \frac{p_{p,1} R_{\text{пр}} + q_{p,1} X_{\text{пр}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \quad 4.14$$

де $p_{p,2}$, $q_{p,2}$ – максимальні розрахункові активне і реактивне навантаження 1-го рівня електропостачання ЕП відповідно, кВт і квар;

$R_{\text{пр}}$ і $X_{\text{пр}}$ – активний і реактивний опори проводів відповідно, Ом;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга електричної мережі, кВ.

Активний і реактивний опори кабелю обчислюють за формулами:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						59
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{\text{пр}} = r_{\text{п}} l_{\text{пр}}, \quad 4.15$$

$$Q_{\text{пр}} = x_{\text{п}} l_{\text{пр}}, \quad 4.16$$

де $r_{\text{п}}$ і $x_{\text{п}}$ – активний і реактивний питомі опори проводів відповідно, Ом/км наводяться в довідниках та в таблиці [1, с.248];

$l_{\text{кб}}$ – довжина проводу, км.

Для проводу марки АПВ з полівінілхлоридною ізоляцією з таблиці 4.1 нормована тривало допустима температура жили $T_{\text{ж.н.}} = 70^{\circ}\text{C}$, нормована температура середовища при прокладенні в землі $T_{\text{сер.н}} = 15^{\circ}\text{C}$. Тоді за формулою (4.5) поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища такий самий, яку розділі 4.2 $K_{\text{сер}} = 0,96$.

При прокладенні проводу всередині приміщення цеху в сталевих трубах поправковий коефіцієнт $K_{\text{пр}} = 1$

Проведемо розрахунок для ЕП 1,2:

Номінальний струм для ЕД визначається за формулою 2.4:

$$I_{\text{ном.д}} = \frac{5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 1} = 9,5 \text{ А.}$$

З таблиці [1, с.248] для чотирьох одножильних проводів прокладених в одній трубі, для стандартного перерізу $S_{\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}^2$ допустимий струм для стандартних умов $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$. Допустимий струм з урахуванням умов навколишнього середовища й умов прокладення визначається за формулою:

$$I_{\text{доп}} = 0,96 \cdot 1 \cdot 19 = 18,24 \text{ А}$$

За формулою (4.13):

$$I_{\text{доп}} = 18,24 \text{ А} > I_{\text{р.1}} = I_{\text{ном.д}} = 9,5 \text{ А.}$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						60
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова виконується.

Умова механічної міцності також виконується ($2,5 \text{ мм}^2$).

З таблиці [1, с.248] для проводу зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}^2$ приймаються такі опори $r_{\text{п}} = 12,5 \text{ мОм/м}$, $x_{\text{п}} = 0,116 \text{ мОм/м}$. Довжина проводу до ЕП №1,2 $l_{\text{пр}} = 5 \text{ м}$.
Тоді:

$$R_{\text{пр}} = 12,5 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,0625 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{пр}} = 0,116 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,0006 \text{ Ом}.$$

Розрахункове реактивне навантаження першого рівня:

$$q_{p.1} = 5 \cdot 0,75 = 3,75 \text{ квар}$$

Вибраний стандартний переріз проводу перевіряється на втрату напруги:

$$\Delta U_{\text{пр}} = \frac{5 \cdot 0,0625 + 3,75 \cdot 0,0006}{10 \cdot 0,38^2} = 0,22 \%$$

Оскільки величина втрат напруги в проводі не перевищує допустимої (5%), то переріз проводу вибраний правильно.

Для чотирьох проводів стандартного перерізу жили $S_{\text{ст}} = 2,5 \text{ мм}^2$, прокладених у сталевій трубі, з таблиці [1, с.231] умовний прохід сталевій труби становить 20 мм. Вибираємо провід АПВ 4x2,5.

Для інших ЕП розрахунок проводимо аналогічно і результати розрахунку заносимо в таблицю 4.3.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Таблиця 4.3 Вибір провідників

Провід до ЕП	$S_{ст},$ мм ²	$\Gamma_{доп},$ А	$I_{р,1},$ А	$\Delta U_{кб},$ %	Тип проводу
1	2,5	18,24	9,50	0,22	АПВ 4x2,5
2	2,5	18,24	9,50	0,22	АПВ 4x2,5
3	2,5	18,24	14,24	1,05	АПВ 4x2,5
4	6	28,8	25,64	0,69	АПВ 4x6
5	4	22,08	19,25	1,68	АПВ 4x4
6	4	22,08	19,25	1,55	АПВ 4x4
7	2,5	18,24	7,60	0,84	АПВ 4x2,5
8	2,5	18,24	7,60	0,79	АПВ 4x2,5
9	2,5	18,24	5,56	0,42	АПВ 4x2,5
10	2,5	18,24	5,86	0,42	АПВ 4x2,5
11	2,5	18,24	6,38	0,41	АПВ 4x2,5
12	2,5	18,24	5,32	0,22	АПВ 4x2,5
13	2,5	18,24	7,41	0,21	АПВ 4x2,5
14	2,5	18,24	4,76	0,09	АПВ 4x2,5
15	2,5	18,24	5,86	0,11	АПВ 4x2,5
16	2,5	18,24	5,43	0,21	АПВ 4x2,5
17	2,5	18,24	6,79	0,33	АПВ 4x2,5
18	2,5	18,24	7,51	0,66	АПВ 4x2,5
19	2,5	18,24	6,84	0,41	АПВ 4x2,5
20	2,5	18,24	6,79	0,63	АПВ 4x2,5
21	2,5	18,24	9,50	0,87	АПВ 4x2,5
22	2,5	18,24	5,32	0,51	АПВ 4x2,5
23	2,5	18,24	3,00	0,32	АПВ 4x2,5
24	2,5	18,24	3,00	0,31	АПВ 4x2,5
25	2,5	18,24	10,85	1,20	АПВ 4x2,5
26	2,5	18,24	4,63	0,50	АПВ 4x2,5

27	2,5	18,24	4,47	0,72	АПВ 4x2,5
28	2,5	18,24	2,25	0,30	АПВ 4x2,5
29	2,5	18,24	5,56	0,55	АПВ 4x2,5
30	2,5	18,24	5,86	0,47	АПВ 4x2,5
31	2,5	18,24	6,38	0,44	АПВ 4x2,5
32	2,5	18,24	5,32	0,27	АПВ 4x2,5
33	2,5	18,24	7,41	0,31	АПВ 4x2,5
34	2,5	18,24	4,76	0,25	АПВ 4x2,5
35	2,5	18,24	5,86	0,14	АПВ 4x2,5
36	2,5	18,24	5,43	0,05	АПВ 4x2,5
37	2,5	18,24	6,79	0,10	АПВ 4x2,5
38	2,5	18,24	7,51	0,44	АПВ 4x2,5
39	2,5	18,24	6,84	0,22	АПВ 4x2,5
40	2,5	18,24	6,79	0,40	АПВ 4x2,5
41	2,5	18,24	9,50	0,61	АПВ 4x2,5
42	2,5	18,24	5,32	0,37	АПВ 4x2,5
43	2,5	18,24	3,00	0,24	АПВ 4x2,5
44	2,5	18,24	3,00	0,21	АПВ 4x2,5
45	2,5	18,24	10,85	0,84	АПВ 4x2,5
46	2,5	18,24	4,63	0,39	АПВ 4x2,5
47	2,5	18,24	4,47	0,54	АПВ 4x2,5
48	2,5	18,24	2,25	0,19	АПВ 4x2,5

Остаточний переріз проводів вибирається лише після перевірки за умовою відповідності до захисного апарата.

5 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струмів КЗ починається зі складання розрахункової схеми, схеми заміщення й вибору точок КЗ. При складанні еквівалентних схем заміщення параметри елементів вихідної розрахункової схеми слід приводити до ступеня напруги мережі, на якому знаходиться точка КЗ.

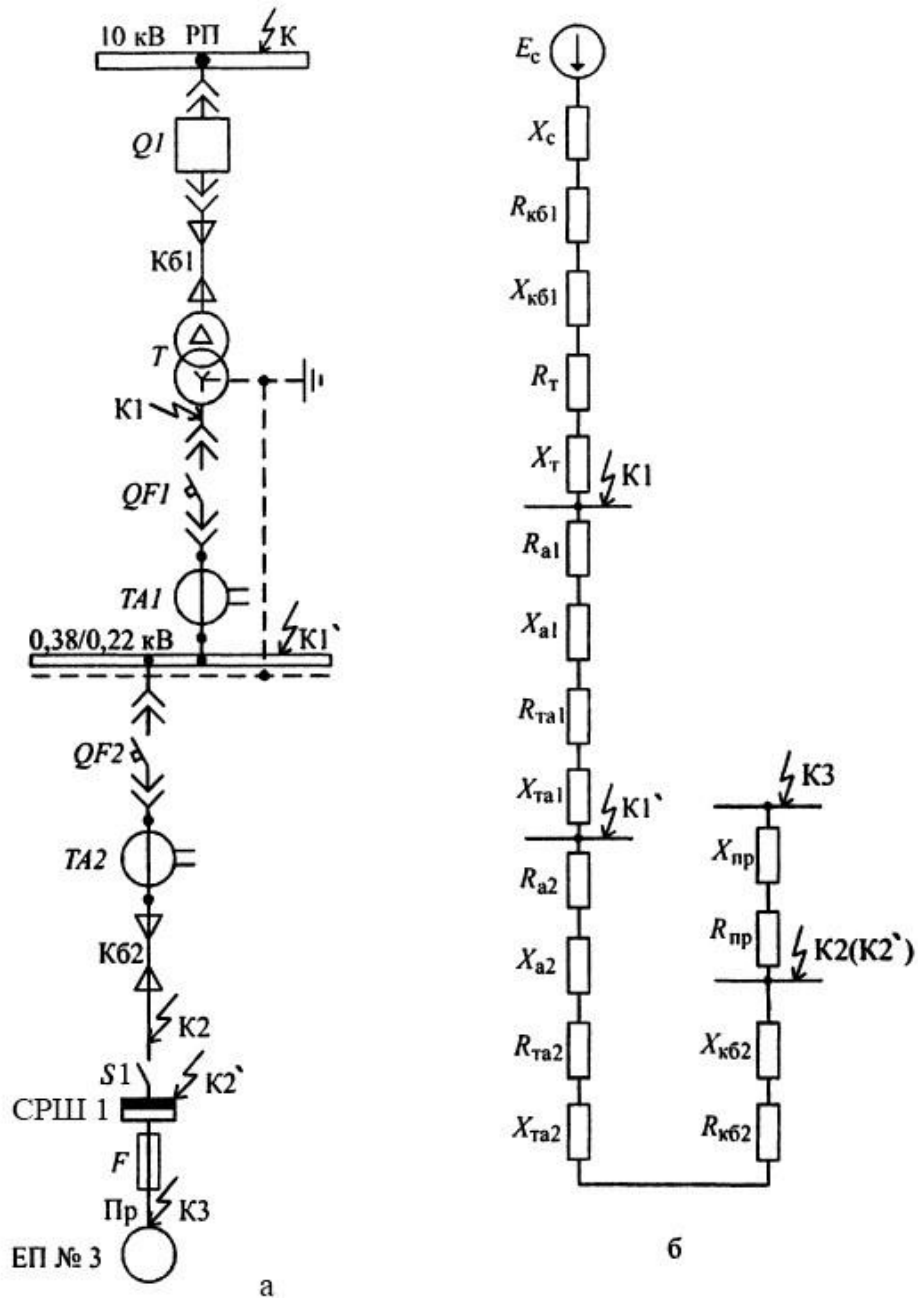


Рисунок 5.1 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів трифазного короткого замикання

									Арк.
									64
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

5.1 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{п(0)}$ без урахування підживлення від ЕД, в ГОСТ 28249-89 визначається з обов'язковим урахуванням величини активного опору

$$I_{п(0)} = \frac{U_{ном.сер}}{\sqrt{3} \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}}, \quad 5.1$$

де $U_{ном.сер}$ – середня номінальна напруга ступеня мережі, де відбулося КЗ, В

$R_{1\Sigma}$ і $X_{1\Sigma}$ – сумарні активні й індуктивні опори прямої послідовності відповідно, мОм, усіх елементів мережі, якими протікає струм КЗ.

При визначенні максимального струму трифазного КЗ $I_{п(0)}$ у значення $R_{1\Sigma}$ і $X_{1\Sigma}$ вводяться опори живильної енергосистеми в максимальному режимі. Сумарні активний і реактивний опори прямої послідовності ланцюга КЗ обчислюють за формулами

$$R_{1\Sigma} = R_T + R_p + R_a + R_{та} + R_{ш} + R_{кб} + R_{пр} + R_k + R_d, \quad 5.2$$

$$X_{1\Sigma} = X_c + X_T + X_p + X_a + X_{та} + X_{ш} + X_{кб} + X_{пр}, \quad 5.3$$

де X_c – еквівалентний індуктивний опір системи до знажувального трансформатора, мОм, який приведений до ступеня НН (оскільки він нам невідомий, то приймемо як для джерела живлення від системи необмеженої потужності $X_c=0$. Тоді для формули 5.1 замість $U_{ном.сер}$ підставимо $U_{ном}$);

R_T, X_T – активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, мОм, які приведені до ступеня НН;

R_p, X_p – активний та індуктивний опори реактора, мОм;

R_a, X_a – активний та індуктивний опори струмових котушок і перехідних опорів рухомих контактів автоматів, мОм;

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

R_{Ta}, X_{Ta} – активний та індуктивний опори первинних обмоток трансформаторів струму (ТС), мОм;

$R_{ш}, X_{ш}$ – активний та індуктивний опори шино проводів, мОм;

$R_{кб}, X_{кб}$ – активний та індуктивний опори прямої послідовності кабелів, мОм;

$R_{пр}, X_{пр}$ – активний та індуктивний опори прямої послідовності проводів, мОм

R_k – сумарний активний опір різних контактів і контактних з'єднань, мОм;

R_d – активний опір дуги в місці КЗ, мОм, який розраховується залежно від умов КЗ.

Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформатора, мОм, які приведені до ступеня НН, розраховуються за формулами

$$R_T = \frac{P_{к.ном} U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}^2} 10^6, \quad 5.4$$

$$X_T = \sqrt{u_k^2 - \left(\frac{100P_{к.ном}}{S_{ном.Т}}\right)^2} \frac{U_{ном.НН}^2}{S_{ном.Т}} 10^4, \quad 5.6$$

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.

При розрахунках потрібно враховувати активний опір усіх перехідних контактів R_k в ланцюзі КЗ: на шинах, виводах апаратів і в місці КЗ, бо реальні величини струмів КЗ значно менші, ніж розрахункові, які визначені без урахування всіх контактних з'єднань. Приблизні значення активних опорів розміних контактів комутаційних апаратів напругою до 1 кВ наводяться в таблиці [1, с.251], значення активних перехідних опорів нерухомих контактних з'єднань – у таблиці [1, с.251],.

У [2, с.80] при приблизному врахуванні опорів контактів слід приймати:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						66
Зміст	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) $R_k = 0,1 \text{ мОм}$ – для контактних з'єднань кабелів;

б) $R_k = 0,01 \text{ мОм}$ – для шинопроводів;

в) $R_k = 1,0 \text{ мОм}$ – для комутаційних апаратів.

Якщо відсутні достовірні дані щодо контактів і їх перехідних опорів, то при обчисленні струмів КЗ ураховують їх умовний сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів до 1600 кВА включно:

а) на розподільних пристроях НН трансформаторів ПС – $R_{k1} = 15 \text{ мОм}$;

б) на первинних цехових розподільних пунктах (СРШ, збірках) і на затискачах ЕА, які живляться радіальними лініями від розподільних пристроїв НН ПС або головних магістралей (ШМА) $R_{k2} = 20 \text{ мОм}$;

в) на вторинних цехових розподільних пунктах і затискачах ЕА, які живляться від первинних розподільних пунктів $R_{k3} = 25 \text{ мОм}$;

г) на затискачах ЕА, установлених безпосередньо у ЕП, які живляться від вторинних розподільних пунктів $R_{k4} = 30 \text{ мОм}$.

Ударний струм КЗ визначається для моменту часу $t = 0,01 \text{ с.}$ у радіальній лінії при $i_{п(0,01)} = \sqrt{2}I_{п(0)}$ ударний струм дорівнює

$$i_y = k_y \sqrt{2} I_{п(0)} \quad 5.7$$

де k_y – ударний коефіцієнт, який залежить від постійної часу T_a .

Для практичних розрахунків в електричних мережах напругою до 1 кВ, при потужності трансформатора 1000-250 кВА $k_y = 1,5-1,35$.

1 етап. Розрахуємо параметри елементів схеми заміщення:

Активний та індуктивний опори прямої послідовності трансформаторів, які приведені до ступеня НН:

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						67
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \frac{5,9 \cdot 0,4^2}{400^2} \cdot 10^6 = 2,95 \text{ мОм};$$

$$X_T = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{4,5^2 - \left(\frac{100 \cdot 5,9}{400}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{400} \cdot 10^4 = 8,5 \text{ мОм};$$

Активний та індуктивний опори кабельної лінії, які приведені до ступеня НН (дані з таблиці [1, с.248]), нехай довжина $l_{кб1}$ складатиме 100м:

$$R_{кб} = r_{п} l_{кб1} \frac{U_{ном.сер.НН}}{U_{ном.сер.ВН}}, \quad 5.8$$

$$R_{кб1} = 1,95 \cdot 100 \cdot \frac{400}{10500} = 7,43 \text{ мОм};$$

$$X_{кб} = x_{п} l_{кб1} \frac{U_{ном.сер.НН}}{U_{ном.сер.ВН}}, \quad 5.9$$

$$X_{кб1} = 0,113 \cdot 100 \cdot \frac{400}{10500} = 0,43 \text{ мОм}.$$

Активний та індуктивний опори струмових котушок і перехідних опорів рухомих контактів автоматів візьмемо з таблиці [1, с.249] для автомата QF1 приймаємо $I_{ном} = 50 \text{ А}$, $R_{a1} = 7 \text{ мОм}$, $X_{a1} = 4,5 \text{ мОм}$;

З таблиці [1, с.249] для ТС (ТА1) з коефіцієнтом трансформації (для розрахункового струму 3-го рівня $I_{р,3} = 233,12 \text{ А}$), приймаємо 300/5 класу точності 1– $R_{та1} = 0,2 \text{ мОм}$; $X_{та1} = 0,3 \text{ мОм}$;

Для автомата QF2 з таблиці [1, с.249] приймаємо $I_{ном} = 100 \text{ А}$, $R_{a2} = 2,15 \text{ мОм}$, $X_{a2} = 1,2 \text{ мОм}$;

З таблиці [1, с.249] для ТС (ТА2) з коефіцієнтом трансформації (для розрахункового струму 2-го рівня $I_{р,3} = 98,2 \text{ А}$), приймаємо 100/5 класу точності 1– $R_{та2} = 2,7 \text{ мОм}$; $X_{та2} = 1,7 \text{ мОм}$;

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						68
Зміст	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З таблиці [1, с.248] для кабелю $R_{кб2}$ зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 25 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори кабелю: $r_{кб2} = 1,25 \text{ мОм/м}$, $x_{кб2} = 0,091 \text{ мОм/м}$ довжини кабелю $l_{кб} = 40 \text{ м}$ визначаються:

$$R_{кб2} = 1,25 \cdot 40 = 50 \text{ мОм};$$

$$X_{кб2} = 0,091 \cdot 40 = 3,64 \text{ мОм}.$$

З таблиці [1, с.248] для проводу $R_{пр}$ зі стандартним перерізом струмопровідної жили $S_{ст} = 2,5 \text{ мм}^2$ приймаються такі питомі опори кабелю: $r_{пр} = 12,5 \text{ мОм/м}$, $x_{пр} = 0,116 \text{ мОм/м}$ довжини кабелю $l_{кб} = 16 \text{ м}$ визначаються:

$$R_{пр} = 12,5 \cdot 16 = 200 \text{ мОм};$$

$$X_{пр} = 0,116 \cdot 16 = 1,856 \text{ мОм}.$$

2 етап. Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент часу (початкового над перехідного струму) у різних точках системи.

1. Визначення струму трифазного КЗ у точці К1:

Сумарні опори точки К1:

$$R_{\Sigma K1} = R_{кб1} + R_T = 7,43 + 2,95 = 10,38 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1} = X_c + X_{кб1} + X_T = 0 + 0,43 + 8,5 = 8,93 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K1} = \sqrt{R_{\Sigma K1}^2 + X_{\Sigma K1}^2} = \sqrt{10,38^2 + 8,93^2} = 13,69 \text{ мОм}.$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ:

$$I_{K1(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K1}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 13,69} = 16,86 \text{ кА},$$

2. Визначення струму трифазного КЗ у точці К1`:

Сумарні опори точки К1`:

$$R_{\Sigma K1'} = R_{\Sigma K1} + R_{a1} + R_{Ta1} + R_{K1} = 10,38 + 7 + 0,2 + 15 = 32,58 \text{ мОм};$$

$$X_{\Sigma K1'} = X_{\Sigma K1} + X_{a1} + X_{Ta1} = 8,93 + 4,5 + 0,3 = 13,73 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K1'} = \sqrt{R_{\Sigma K1'}^2 + X_{\Sigma K1'}^2} = \sqrt{32,58^2 + 13,73^2} = 35,35 \text{ мОм};$$

$$I_{K1'(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K1'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 35,35} = 6,53 \text{ кА}.$$

3. Визначення струму трифазного КЗ у точці К2:

Сумарні опори точки К1:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma K2} &= R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{Ta2} + R_{K62} + R_{K2} = \\ &= 10,38 + 2,15 + 2,7 + 50 + 20 = 85,23 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

$$X_{\Sigma K2} = X_{\Sigma K1'} + X_{a2} + X_{Ta2} + X_{K62} = 13,73 + 1,2 + 1,7 + 3,64 = 20,27 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K2} = \sqrt{R_{\Sigma K2}^2 + X_{\Sigma K2}^2} = \sqrt{85,23^2 + 20,27^2} = 87,61 \text{ мОм}.$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						70
Зміст	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ:

$$I_{K2(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 87,61} = 2,64 \text{ кА},$$

4. Визначення струму трифазного КЗ у точці К2`:

Сумарні опори точки К1:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma K2'} &= R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{\text{та}2} + R_{\text{к}62} + R_{\text{к}3} = \\ &= 10,38 + 2,15 + 2,7 + 50 + 25 = 90,23 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

$$X_{\Sigma K2'} = X_{\Sigma K2} = 20,27 \text{ мОм};$$

$$Z_{\Sigma K2'} = \sqrt{R_{\Sigma K2'}^2 + X_{\Sigma K2'}^2} = \sqrt{112,43^2 + 20,27^2} = 92,48 \text{ мОм}.$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ:

$$I_{K2'(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K2'}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 92,48} = 2,5 \text{ кА},$$

5. Визначення струму трифазного КЗ у точці К3:

Сумарні опори точки К1:

$$\begin{aligned} R_{\Sigma K3} &= R_{\Sigma K1} + R_{a2} + R_{\text{та}2} + R_{\text{к}62} + R_{\text{пр}} + R_{\text{к}4} = \\ &= 10,38 + 2,15 + 2,7 + 50 + 200 + 30 = 295,23 \text{ мОм}; \end{aligned}$$

$$X_{\Sigma K2'} = X_{\Sigma K2} + X_{\text{пр}} = 20,27 + 1,856 = 22,126 \text{ мОм};$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						71
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{\Sigma K3} = \sqrt{R_{\Sigma K3}^2 + X_{\Sigma K3}^2} = \sqrt{295,23^2 + 22,126^2} = 269,06 \text{ мОм.}$$

Початкове діюче значення періодичної складової трифазного струму при металевому КЗ:

$$I_{K3(0)} = \frac{U_6}{\sqrt{3}Z_{\Sigma K3}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 296,06} = 0,78 \text{ кА.}$$

3 етап. Визначення ударних струмів у різних точках схеми.

1) Ударний стум у точці К1 (у формулі $k_{yK1} = 1,4$ для трансформатора 400кВА):

$$i_{yK1} = k_{yK1} \sqrt{2} I_{K1(0)} = 1,4 \sqrt{2} \cdot 16,86 = 33,38 \text{ кА.}$$

2) Ударний стум у точці К1`:

$$i_{yK1'} = k_{yK1'} \sqrt{2} I_{K1'(0)} = 1,4 \sqrt{2} \cdot 6,53 = 12,93 \text{ кА.}$$

3) Ударний стум у точці К2 (у формулі $k_{yK2} = 1,0$):

$$i_{yK2} = k_{yK2} \sqrt{2} I_{K2(0)} = 1 \sqrt{2} \cdot 2,64 = 3,73 \text{ кА.}$$

4) Ударний стум у точці К`2 (у формулі $k_{yK2'} = 1,0$):

$$i_{yK2'} = k_{yK2'} \sqrt{2} I_{K2'(0)} = 1 \sqrt{2} \cdot 2,5 = 3,54 \text{ кА.}$$

4) Ударний стум у точці К3 (у формулі $k_{yK3} = 1,0$):

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

$$i_{yK3} = k_{yK3} \sqrt{2} I_{K3(0)} = 1 \sqrt{2} \cdot 0,78 = 1,1 \text{ кА.}$$

Результати розрахунків струмів трифазного КЗ у початковий момент часу та ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ в точках К1, К1`, К2, К2` і К3 наводяться в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – результати розрахунку струмів трифазного КЗ в різних точках електричної мережі до 1 кВ

Точка КЗ	Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент $I_{K(0)}$, кА	Ударний струм i_y , кА
К1	16,86	33,38
К1`	6,53	12,93
К2	2,64	3,73
К2`	2,5	3,54
К3	0,78	1,1

5.2 Розрахунок струмів однофазного короткого замикання

Оскільки потужність живильної енергосистеми значна, початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ:

$$I_K^{(1)} = \frac{U_\phi}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт}}, \quad 5.10$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі;

$Z_{пт}$ – повний опір петлі «фаза-нуль» від трансформатора доточки КЗ, обмірюваний при іспитах або знайдений із розрахунків, мОм;

$Z_T^{(1)}$ – повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ, значення якого залежно від потужності та схеми з'єднання трансформаторів приймається з таблиці [1, с.250]. Візьмемо рекомендовану

[1, с 135, 136] схему « трикутник – зірка з нейтраллю» (Δ/Y_n). Для трансформатора 400 кВА (Δ/Y_n) $Z_T^{(1)} = 18$ мОм.

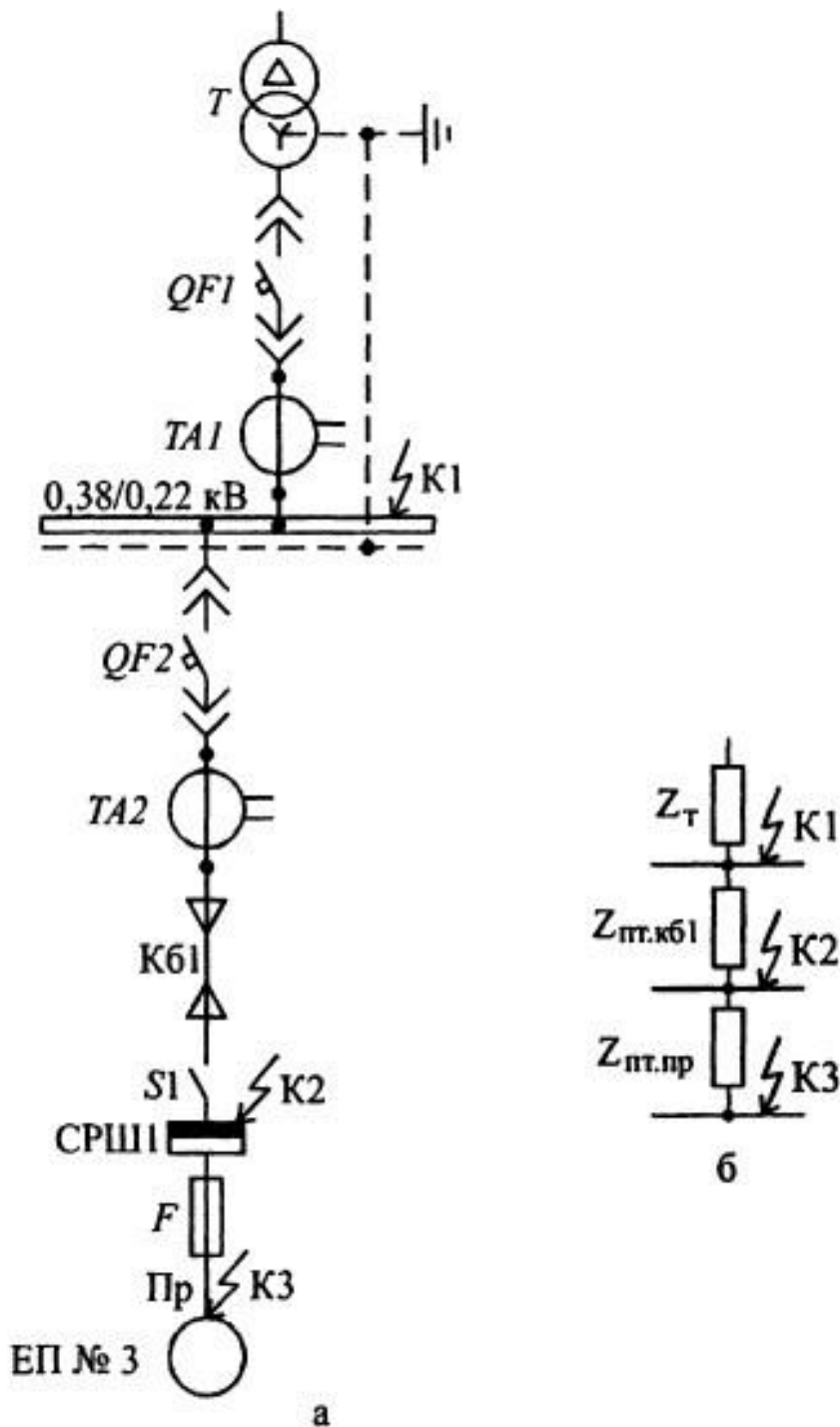


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема (а) і схема заміщення (б) для розрахунку струмів однофазного короткого замикання

Опір петлі «фаза – нуль» для ланцюга з n послідовно з'єднаних ділянок:

									БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк. 74
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$Z_{\text{пт}} = \sum_{i=1}^T z_{\text{пт.і}} l_i, \quad 5.11$$

де $z_{\text{пт.і}}$ – питомий опір петлі «фаза – нуль» кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ, мОм, (величини в таблицях [1, с.252]);

l_i – довжина і-ї ділянки, м.

Схема для розрахунку вказана на рисунку 5.2

Струм однофазного металевого КЗ в точці К1:

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{18}{3}} = 36,67 \text{ кА};$$

З таблиці [1, с.252] повний питомий опір $z_{\text{пт}}$ ланцюга «фаза – нуль» для чотирижильного кабелю з паперовою ізоляцією (3x25+1x16) $z_{\text{пт.кб}} = 2,1$ мОм/м, $2,5 \text{ мм}^2$ – $z_{\text{пт.пр}} = 29,64$ мОм/м.

Повний опір петлі «фаза – нуль» до точки К2:

$$z_{\text{пт.2}} = 2,1 \cdot 40 = 84 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{18}{3} + 84} = 2,44 \text{ кА}.$$

Повний опір петлі «фаза – нуль» до точки К3:

$$z_{\text{пт.3}} = z_{\text{пт.2}} + z_{\text{пт.пр}} = 84 + 29,64 \cdot 16 = 558,26 \text{ мОм};$$

$$I_{\text{К}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{18}{3} + 558,26} = 0,39 \text{ кА}.$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

Результати розрахунку струмів однофазного КЗ в електричній мережі напругою до 1 кВ у точках К1, К2 і К3 занесемо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку струмів однофазного КЗ у різних точках електричної мережі до 1 кВ.

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ, кА
К1	36,67
К2	2,44
К3	0,39

6 Вибір електричних апаратів

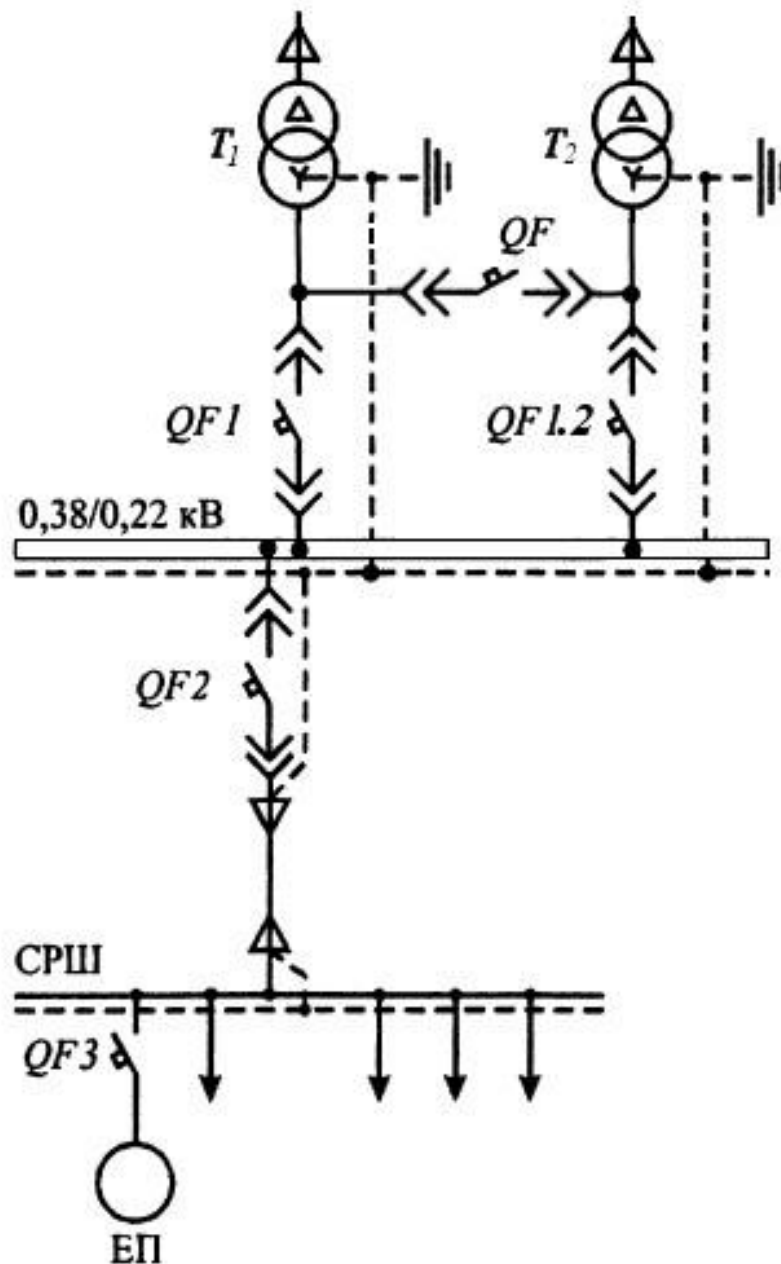


Рисунок 6.1 – Схема для вибору автоматів у характерних місцях внутрішньоцехового електропостачання

В проектуванні СЕП вибору підлягають комутаційні та захисні ЕА в електричній мережі напругою до 1 кВ:

- У шафі вводу ЦТП, а також в секційній шафі;
- У лінійних шафах ЦТП для всіх живильних ліній цехової мережі;
- Для ділянки розподільної мережі (СРШ).

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Вибір і перевірка всіх ЕА мають відповідати таким умовам:

- 1) Міцності ізоляції для роботи в тривалому режимі та при короткочасних перенапругах

$$U_{\text{ном.е.а}} \geq U_{\text{ном.м}} \quad 6.1$$

де $U_{\text{ном.е.а}}$ і $U_{\text{ном.м}}$ – номінальна напруга ЕА і номінальна напруга електричної мережі (установки) відповідно, у якій застосовується ЕА;

- 2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі

$$I_{\text{ном.е.а}} \geq I_{\text{ф}} \quad 6.2$$

де $I_{\text{ном.е.а}}$ і $I_{\text{ф}}$ – номінальний струм ЕА і струм форсованого режиму відповідно, тобто тривалий максимальний робочий струм, який може через нього протікати;

- 3) відповідності навколишньому середовищу (нормальне, пожежонебезпечне, вибухонебезпечне та ін.), роду установки (внутрішня, зовнішня) і конструктивному виконанню (висувна, стаціонарна) та ін.;

- 4) параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА – струм вимикання (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), ЕА захисту – номінальний струм плавкої вставки запобіжника чи установки розчеплювача автомата.

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатністю при наскрізних струмах КЗ. Мають виконуватися такі умови:

- 5) струм електродинамічної стійкості апарата ЕА_д:

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{у}} \quad 6.3$$

де $i_{\text{у}}$ – розрахунковий ударний струм;

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						78
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б) допустимий струм термічної стійкості апарата I_T за допустимий час термічної стійкості t_T

$$I_T^2 t_T \geq I_K^2 t \quad 6.4$$

де I_K і t – розрахункові параметри струму КЗ і дійсного часу вимикання КЗ відповідно.

Вибір автоматів «QF» полягає в дотриманні загальних умов.

Таким чином, номінальна напруга вибирається:

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}} \quad 6.5$$

Номінальний струм автоматів і номінальні струми розчеплювачів не повинні бути меншими за струм форсованого режиму

$$I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi} \quad 6.6$$

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi} \quad 6.7$$

Струм форсованого режиму визначається:

$$I_{\phi} = K_{\text{рез}} I_p \quad 6.8$$

де $K_{\text{рез}}$ – коефіцієнт резервування;

I_p – розрахунковий струм (залежно від місця знаходження ЕА в схемі).

Струм форсованого режиму I_{ϕ} дорівнює: для автомата вводу QF1, QF 1.2 двотрансформаторної ПС $1,4I_{\text{ном.т}}$; для секційного автомата QF – $0,7I_{\text{ном.т}}$; для лінійного автомата QF2 – розрахунковому струму 2-го рівня

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

електропостачання $I_{p,2}$; для автомата QF3 до окремого ЕП – розрахунковому струму 1-го рівня електропостачання $I_{p,1}$ ($I_{ном.ЕП}$ при $k_3 = 1$).

Установка струму спрацювання від перевантаження $I_{с.п}$ (установка струму теплового розчеплювача $I_{у.т.р}$) вибирається:

$$I_{с.п} = I_{у.т.р} \geq KI_p \quad 6.9$$

де K – коефіцієнт, який приймається:

– 1,1 для автомата вводу QF1 і для автомата QF2;

– 1,25 для автомата QF3 або 1,0 на лініях до силових ЕП, які не мають у своєму складі ЕД.

У формулі (6.9) для автомату вводу QF1 як розрахунковий струм приймається струм форсованого режиму трансформатора I_ϕ ; для автомата QF2 – розрахунковий струм другого рівня електропостачання $I_{p,2}$; для автомата QF3 – розрахунковий струм першого рівня електропостачання одного ЕП ($I_{ном.ЕП}$ при $k_3 = 1$).

Автомати не повинні вимикати ділянки, які захищають, при короткочасних перевантаженнях (пускові струми, пікові струми та ін.).

Для автомата вводу QF1 спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{с.в}$ визначається:

$$I_{с.в} \geq (6 - 10)I_{ном.т} \quad 6.10$$

де $I_{ном.т}$ – номінальний струм трансформатора на стороні НН. Більші кратності приймаються для трансформаторів з малою номінальною потужністю (400 кВА і менше).

Умова перевірки від пікових струмів для групи ЕП (автомат QF2) і від пускових струмів одного ЕП (автомат QF3) полягає у виборі уставки струму спрацьовування відсічки розчеплювача миттєвої дії $I_{с.в}$ (уставки струму

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						80
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електромагнітного розчеплювача $I_{y.e.p}$) більше цих струмів відповідно не менш ніж на 25%, тому що похибка від розкиду характеристик може досягати 15%.

$$I_{c.v} = I_{y.e.p} \geq 1,25I_{пiк} \quad 6.11$$

$$I_{c.v} = I_{y.e.p} \geq 1,25I_{пyск} \quad 6.12$$

Де $I_{пiк}$ і $I_{пyск}$ – піковий струм групи ЕП і пусковий струм одиночного ЕП відповідно.

Як комутаційний апарат автомати перевіряють щодо здатності вимикання за умови

$$I_{нoм.в.а} \geq I_{п.о} = I_{к}^{(3)} \quad 6.13$$

де $I_{нoм.в.а}$ – номінальний струм вимикання автомата при нормованих умовах роботи;

$I_{п.о} = I_{к}^{(3)}$ – початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ, до того ж для автоматів вводу й секційних автоматів цей струм визначають для металевого КЗ без перехідних опорів, а для інших (автоматів QF2 і QF3) – з урахуванням опору контактів $R_{к}$.

Відповідно до пункту 4 (функціональне призначення) для чутливості захисту (надійного його спрацювання) мінімальний струм КЗ має перевищувати установки розчеплювачів залежно від їх типів у таких співвідношеннях:

– для розчеплювача миттєвої дії (електромагнітного або напівпровідникового) з номінальним струмом більше 100 А:

$$I_{к}^{(1)} \geq 1,25I_{c.v} \quad 6.14$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

При струмі до 100 А включно

$$I_K^{(1)} \geq 1,4I_{c.v.}, \quad 6.15$$

– для розчеплювача уповільненої дії

$$I_K^{(1)} \geq 3I_{спрац}. \quad 6.16$$

Проведемо розрахунки для вибору електричних апаратів цеху:

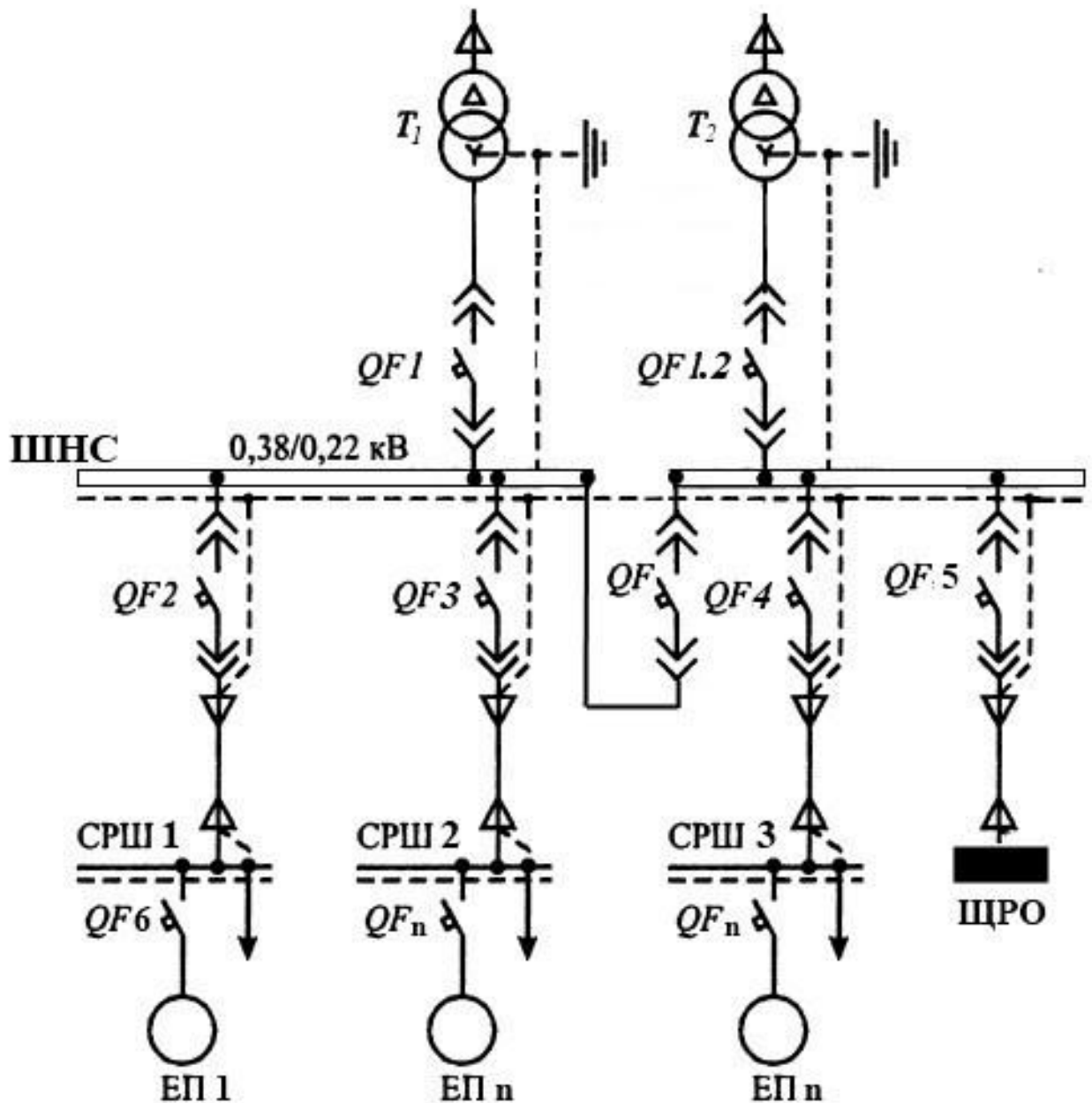


Рисунок 6.2 – Схема для вибору автоматів у характерних місцях внутрішньоцехового електропостачання

6.1 Вибір електричних апаратів в електричних мережах напругою до 1 кВ

6.1.1. Вибір автомату вводу QF1

Номінальний вторинний струм трансформатора:

$$I_{\text{НОМ.Т}} = \frac{S_{\text{НОМ.Т}}}{\sqrt{3}U_{\text{НОМ.Т.2}}}, \quad 6.17$$

де $S_{\text{НОМ.Т}}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{\text{НОМ.Т.2}}$ – номінальна вторинна напруга трансформатора, кВ.

$$I_{\text{НОМ.Т}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 607,74 \text{ А.}$$

Струм форсованого режиму трансформатора

$$I_{\phi} = 1,4 \cdot 607,74 = 850,84 \text{ А.}$$

Струм секційного вимикача:

$$I_{\text{секц}} = 0,7 \cdot 607,74 = 425,42 \text{ А.}$$

Для трансформатора потужністю $S_{\text{НОМ.Т}} = 400$ кВА, рекомендовано [1, с.142] силову розподільну шафу типу ШР11з рубильником на вводі (максимальний струм якого для Р-18-373 – $I_{\text{НОМ.Р}} = 400$ А), а для відгалужувальних ліній установлені запобіжники ПН2 і НПН2. Оскільки за характеристиками розподільна шафа не задовольняє, то візьмемо більш потужну, а саме: ШНС-2У3 (таблиця [1, с.254]).

У цій шафі встановлюється автомат вводу ВА55-41 – селективний з напівпровідниковим розчеплювачем серії БПР. Характеристика захисту

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
						83
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обмежено залежна, а для селективних автоматів – триступінчата. Напівпровідниковий розчеплювача допускає ступеневе регулювання номінального струму розчеплювача $I_{ном.р}$, струму спрацювання відсічки $I_{с.в}$, часу спрацювання захисту від перевантаження $t_{с.п}$ при струмі $6I_{ном.р}$, часу спрацювання відсічки $t_{с.в}$. Дані автомата приведемо в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – триполюсний автоматичний вимикач ВА55 з номінальним струмом 1000 А напругою 660 В

Тип	Номінальний струм автомата $I_{ном.а}$, А	Регульовані уставки напівпровідникового розчеплювача				$\frac{I_{с.п}}{I_{ном.р}}$	ВГКЗ у ланцюгу 380 В, діюче значення, кА
		$\frac{I_{ном.р}}{I_{ном.а}}$	$\frac{I_{с.в}}{I_{ном.р}}$	$t_{с.в}$, с	$t_{с.п}$, с, при струмі $6I_{ном.р}$		
ВА55-41	1000	0,63; 0,8; 1,0	2; 3; 5; 7	0,1; 0,2; 0,3	4; 8; 16	1,25	60

Примітки:

1. $I_{с.в}$ – струм спрацювання відсічки.
2. $I_{с.п}$ – струм спрацювання перевантаження теплового розчеплювача.
3. $t_{с.в}$ – час спрацювання відсічки.
4. $t_{с.п}$ – час спрацювання перевантаження.
5. ВГКЗ – вимикаюча гранична комутаційна здатність.

Умова вибору за напругою виконується

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В.}$$

За формулою (6.6) номінальний струм автомата ВА55-41

$$I_{ном.а} = 1000 \text{ А} > I_{\phi} = 850,84 \text{ А.}$$

Для автоматів ВА55 відношення $I_{\text{ном.р}}/I_{\text{ном.а}}$ становить 1,0. Тоді за формулою (6.7) номінальний струм напівпровідникового розчеплювача

$$I_{\text{ном.р}} = 1I_{\text{ном.а}} = 1 \cdot 1000 = 1000 \text{ А} > I_{\phi} = 850,84 \text{ А.}$$

Струм спрацьовування перевантаження теплового розчеплювача (6.9)

$$I_{\text{с.п}} = 1,25I_{\text{ном.р}} = 1,25 \cdot 1000 = 1250 \text{ А} > 1,1 \cdot 850,84 = 935,92 \text{ А}$$

Струм спрацьовування відсічки

$$I_{\text{с.в}} = 7 \cdot 1000 = 7000 \text{ А} > 10 \cdot 607,74 = 6077,4 \text{ А.}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ автоматом вводу береться струм трифазного КЗ у точці К1 $I_{\text{К1(0)}} = 16,86 \text{ кА}$. Для автоматів ВА55 вимикаюча гранична комутаційна здатність (ВГКЗ) при $I_{\text{ном.а}} = 1000 \text{ А}$ становить $I_{\text{ном.в.а}} = 60 \text{ кА}$. Тоді за (6.13):

$$60 \text{ кА} > 16,86 \text{ кА.}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ на шинах НН КТП $I_{\text{К}}^{(1)} = 36,67 \text{ кА}$. За формулою (6.14):

$$I_{\text{К}}^{(1)} = 36,67 \text{ кА} > 1,25 \cdot 7 = 8,75 \text{ кА.}$$

Остаточно вибираємо автомат ВА55-41.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Таблиця 6.2 – Каталогні та розрахункові дані автомата вводу QF1 і QF1,2 типу ВА55-41.

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА55-41	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.е.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.е.а}} = 660 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.а}} = 1000 \text{ А}$	$I_{\phi} = 850,84 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.р}} = 1000 \text{ А}$	$I_{\phi} = 850,84 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та його розчеплювачів $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 1000 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 1000 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{с.п}} \geq 1,1I_{\phi}$	$I_{\text{с.п}} = 1,25I_{\text{ном.р}} =$ $= 1250 \text{ А}$	$1,1I_{\phi} = 935,92 \text{ А}$
За умовою відстрочки від пікових струмів $I_{\text{с.в}} \geq (6 - 10)I_{\text{ном.т}}$	$I_{\text{с.в}} = 7I_{\text{ном.р}} = 7000 \text{ А}$	$I_{\text{с.в}} = 10I_{\text{ном.т}} =$ $= 6077,4 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 60 \text{ кА}$	$I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)} = 16,86 \text{ кА.}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25I_{\text{с.в}}$	$1,25I_{\text{с.в}} = 8,75 \text{ кА}$	$I_{\text{к}}^{(1)} = 36,67 \text{ кА}$

Проведемо розрахунок для секційного автомата, попередньо візьмемо ВА52-39

Таблиця 6.2 – Каталогні та розрахункові дані автомата вводу QF типу ВА52-39.

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА52-39	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.е.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.е.а}} = 660 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А}$	$I_{\phi} = 425,42 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.р}} = 630 \text{ А}$	$I_{\phi} = 425,42 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та його розчеплювачів $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 630 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 630 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{с.п}} \geq 1,1I_{\phi}$	$I_{\text{с.п}} = 1,25I_{\text{ном.р}} =$ $= 787,5 \text{ А}$	$1,1I_{\phi} = 467,96 \text{ А}$
За умовою відстрочки від пікових струмів $I_{\text{с.в}} \geq (6 - 10)I_{\text{ном.т}}$	$I_{\text{с.в}} = 7I_{\text{ном.р}} = 4410 \text{ А}$	$I_{\text{с.в}} = 7I_{\text{ном.т}} = 4254 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 60 \text{ кА}$	$I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)} = 16,86 \text{ кА.}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25I_{\text{с.в}}$	$1,25I_{\text{с.в}} = 5,51 \text{ кА}$	$I_{\text{к}}^{(1)} = 36,67 \text{ кА}$

Остаточно вибираємо автомат ВА52-39.

6.1.2. Вибір лінійних автоматів

Для вибору автомата QF2, який захищає живильну лінію до СРШ1 розрахунковий струм якого $I_{p.2} = 98,2\text{A}$, тому для КТП вибираємо шафу типу ШНЛ-3У3 (з таблиці [1, с.255]), яка комплектується автоматами ВА52-35. Попередньо вибираємо автомат ВА52-35 струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачем(наді автомата наводяться в таблиці 6.3).

Таблиця 6.3 – триполюсний автоматичний вимикач ВА52-35 з номінальним струмом 250 А напругою до 660В

Тип автомата	Номінальний струм автомата $I_{ном.а}, \text{A}$	Номінальний струм теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}, \text{A}$	$\frac{I_{с.в}}{I_{ном.т.р}}$	$I_{с.в}$ для виконання без теплового розчеплювача, А	ВГКЗ у ланцюгу 380 В, діюче значення, кА
ВА52-35	250	100	12	1000, 1250, 1600, 2000, 2500	32
		125			42
		160, 200, 250			45

Номінальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В.}$$

За формулою (6.6) номінальний струм автомата ВА52-35

$$I_{ном.а} = 250 \text{ А} > I_{p.2} = 98,2 \text{ А.}$$

Номінальний струм теплового розчеплювача(6.7):

$$I_{ном.т.р} = 100 \text{ А} > I_{p.2} = 98,2 \text{ А.}$$

Кратність струм спрацьовування (уставки) теплового розчеплювача :

$$I_{у.т.р} = 1,25I_{ном.т.р} = 1,25 \cdot 100 = 125 \text{ А} > 1,1 \cdot 98,2 = 108,02 \text{ А}$$

У разі наявності теплового розчеплювача відношення струму спрацювання відсічки $I_{с.в}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{у.е.р}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}$ ($I_{с.в}/I_{ном.т.р}$) становить 12. Отже, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{с.в} = I_{у.е.р} = 12I_{ном.т.р} = 12 \cdot 100 = 1200 \text{ А.}$$

З таблиці 2.10 піковий струм $I_{пик} = 160,88 \text{ А}$. Тоді

$$I_{у.е.р} = 1200 \text{ А} > 1,25 \cdot 160,88 = 201,1 \text{ А.}$$

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ у точці К1` $I_{К1'(0)} = 6,53 \text{ кА}$. Для автоматів ВА52-35 ВГКЗ при напрузі $U_{ном.м} = 380 \text{ В}$, $I_{ном.а} = 250 \text{ А}$ становить і $I_{ном.т.р} = 100 \text{ А}$ становить $I_{ном.в.а} = 32 \text{ кА}$. Тоді за (6.13):

$$32 \text{ кА} > 6,53 \text{ кА.}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ у точці К2 $I_{К}^{(1)} = 2,44 \text{ кА}$. За формулою (6.14):

$$I_{К}^{(1)} = 2,44 \text{ кА} > 1,25 \cdot 1,2 = 1,5 \text{ кА.}$$

Остаточню вибираємо автомат ВА52-35.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

Таблиця 6.4 – Каталожні та розрахункові дані автомата вводу QF2 типу ВА52-35.

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА52-35	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.е.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.е.а}} = 660 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А}$	$I_{\text{р.2}} = 98,2 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}} \geq I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{ном.т.р}} = 100 \text{ А}$	$I_{\text{р.2}} = 98,2 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та його розчеплювачів $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 250 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 100 \text{ А}$
За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}} \geq 1,1I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{у.т.р}} = 1,25I_{\text{ном.р}} =$ $= 125 \text{ А}$	$1,1I_{\text{р.2}} = 108,02 \text{ А}$
За умовою відстройки від пікових струмів $I_{\text{у.е.р}} \geq 1,25I_{\text{пік}}$	$I_{\text{у.е.р}} = 12I_{\text{ном.т.р}} =$ $= 1200 \text{ А}$	$1,25I_{\text{пік}} = 201,1 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 32 \text{ кА}$	$I_{\text{п.о}} = I_{\text{к}}^{(3)} = 6,53 \text{ кА.}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25I_{\text{с.в}}$	$I_{\text{к}}^{(1)} = 2,44 \text{ кА}$	$1,25I_{\text{с.в}} = 1,5 \text{ кА}$

Проведемо аналогічні розрахунки для інших лінійних автоматів QF3 – QF5 ті занесемо результати розрахунків в таблицю 6.5.

Таблиця 6.5 – Результат вибору лінійних автоматів QF2 – QF5.

Живильна лінія	Тип автомата	$U_{ном.а}, В$	$I_{ном.а}, А$	$I_{ном.т.р}, А$	$I_{у.т.р}, А$	$I_{у.е.р}, А$	$I_{ном.в.а}, кА$
СРШ 1	ВА52-35	660	250	100	125	1200	32
СРШ 2	ВА52-35	660	250	100	125	1200	32
СРШ 3	ВА52-35	660	250	100	125	1200	32
ЩРО	ВА52-31	660	100	31,5	39,38	220,5	30

6.1.3. Вибір автоматів до ЕП

Автомат QF6, який захищає лінію до ЕП №1, установлений в СРШ 1, від якого живляться інші ЕП, тому вибираємо СРШ1 типу ПР8501-1150 без автомату на вводі (таблиця [1, с.222]), у якій встановлені 8 автоматів ВА51-31, для СРШ2 та СРШ3 по 2 шт. ПР8501-029-21УЗ на 10 автоматів. Вибирається автомат ВА51-31 не струмообмежувальний з тепловим і електромагнітним розчеплювачами.

Таблиця 6.6 – Триполюсні автоматичні вимикачі ВА51 та ВА52 з номінальним струмом до 160 А напругою до 660 В

Тип автомата	Номінальний струм автомата $I_{ном.а}, А$	Номінальний струм теплового розчеплювача $I_{ном.т.р}, А$	$\frac{I_{с.в}}{I_{ном.т.р}}$	$\frac{I_{с.п}}{I_{ном.т.р}}$	ВГКЗ у ланцюгу 380 В, діюче значення, кА	
					ВА51	ВА52
ВА51-31 ВА52-31	100	16	3; 7; 10	1,35	6	30
		20; 25				
		31,5; 40				
		50; 63				
		80; 100		1,25		

Примітки:

1. $I_{с.в}$ – струм спрацьовування відсічки (електромагнітного розчеплювача).

2. Автомати ВА51 – неструмообмежувальні з електромагнітними і тепловими розчеплювачами або тільки з електромагнітними розчеплювачами.

3. Автомати ВА52 – струмообмежувальні з електромагнітними і тепловими розчеплювачами або тільки з електромагнітними розчеплювачами.

Номинальна напруга автомата вибирається як:

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В.}$$

За формулою (6.6) номінальний струм автомата ВА51-31

$$I_{\text{ном.а}} = 100 \text{ А} > I_{\text{ном.д}} = 9,5 \text{ А.}$$

Номинальний струм теплового розчеплювача вибираємо 16 А(6.7):

$$I_{\text{ном.т.р}} = 16 \text{ А} > I_{\text{ном.д}} = 9,5 \text{ А.}$$

Для автомата ВА51-31 кратність спрацювання від перевантаження $I_{\text{с.п}}$ (теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.п}}/I_{\text{ном.т.р}}$) при $I_{\text{ном.т.р}} = 16 \text{ А}$ становить 1,35. Тоді:

$$I_{\text{у.т.р}} = 1,35I_{\text{ном.т.р}} = 1,35 \cdot 16 = 21,6 \text{ А} > 1,25 \cdot 9,5 = 11,88 \text{ А}$$

Відношення струму спрацювання відсічки $I_{\text{с.в}}$ (електромагнітного розчеплювача $I_{\text{у.е.р}}$) до номінального струму теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}}$ ($I_{\text{с.в}}/I_{\text{ном.т.р}}$) становить 3;7;10. Отже, струм спрацювання відсічки (електромагнітного розчеплювача):

$$I_{\text{с.в}} = I_{\text{у.е.р}} = 7I_{\text{ном.т.р}} = 7 \cdot 16 = 112 \text{ А.}$$

З таблиці 2.2 пусковий струм $I_{\text{пуск}} = 47,479 \text{ А}$. Тоді

$$I_{\text{у.е.р}} = 112 \text{ А} > 1,25 \cdot 47,479 = 59,35 \text{ А.}$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

При перевірці вимикання струму трифазного КЗ лінійним автоматом береться струм трифазного КЗ у точці К2` $I_{K2'(0)} = 2,5$ кА. Для автоматів ВА51-31 ВГКЗ становить $I_{ном.в.а} = 6$ кА. Тоді за (6.13):

$$6 \text{ кА} > 2,5 \text{ кА.}$$

Для перевірки чутливості захисту струм однофазного КЗ у точці К2 $I_K^{(1)} = 2,44$ кА. За формулою (6.15):

$$I_K^{(1)} = 2,44 \text{ кА} > 1,4 \cdot 0,112 = 0,157 \text{ кА.}$$

Остаточно вибираємо автомат ВА51-31.

Проведемо аналогічні розрахунки та занесемо результати вибору автоматів до таблиці 6.7.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

Таблиця 6.7 – Результат вибору лінійних автоматів QF6 – QF53.

Розподільна лінія	Тип автомата	$U_{\text{ном.а}}, \text{В}$	$I_{\text{ном.а}}, \text{А}$	$I_{\text{ном.т.р}}, \text{А}$	$I_{\text{у.т.р}}, \text{А}$	$I_{\text{у.е.р}}, \text{А}$	$I_{\text{ном.в.а}}, \text{кА}$
До ЕП №1,2	ВА51-31	660	100	16	21,6	112	6
До ЕП № 3	ВА51-31	660	100	16	21,6	112	6
До ЕП № 4	ВА47-29	230	63	32	46,4	320	4,5
До ЕП № 5,6	ВА47-29	230	63	32	46,4	320	4,5
До ЕП № 7,8	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 9,29	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 10,15, 30, 35	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 11,31	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 12,22,32,42	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 13,33	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 14,34	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 16,36	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 17,20, 37, 40	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 18,38	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 21,41	ВА51-31	660	100	16	21,6	112	6
До ЕП № 23,24,43,44	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 19,39	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 26,46	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 28,48	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6
До ЕП № 25,45	ВА51-31	660	100	16	21,6	112	6
До ЕП №27,47	ВА51-31	660	100	16	21,6	48	6

6.2 Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі напругою до 1 кВ з вибраними апаратами захисту

Переріз провідників і кабелів, які вибирались за нагріванням за допустимим тривалим струмом з урахуванням умов прокладки та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $\Gamma_{\text{доп}}$, перевіряють за умовою узгодження відповідності вибраним апаратам захисту за формулою:

$$\Gamma_{\text{доп}} \geq K_{\text{зах}} I_{\text{зах}}, \quad 6.18$$

де $K_{\text{зах}}$ – нормована ПУЕ кратність допустимого струмового навантаження на провідники щодо параметрів захисних апаратів ([1, с.264]);

$I_{\text{зах}}$ – струм апарата захисту.

Згідно з ПУЕ для електричних мереж, які обов'язково повинні мати захист від перевантаження, умови узгодження такі:

– для автоматів з тепловим розчеплювачем з нерегульованою обернено залежною від струму характеристикою (незалежно від наявності чи відсутності відсічки) для провідників усіх марок:

$$\Gamma_{\text{доп}} \geq I_{\text{ном.т.р}} \quad 6.19$$

де $I_{\text{ном.т.р}}$ – номінальний струм нерегульованого теплового розчеплювача

Проведемо розрахунок за вказаними формулами до СРШ:

Візьмемо дані з таблиці 4.2. Від шин НН КТП до СРШ 1 вибраний кабель АВВГ(3х25+1х16) з $\Gamma_{\text{доп}} = 101,57$ А, кабель захищається автоматом ВА52-35 з $I_{\text{ном.т.р}} = 100$ А. Тоді за формулою (6.19):

$$\Gamma_{\text{доп}} = 101,57 \text{ А} > I_{\text{ном.т.р}} = 1 \cdot 100 = 100 \text{ А.}$$

Умова виконується.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

Проведемо аналогічні розрахунки для інших кабелів

Таблиця 6.8 Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з апаратами захисту.

Живильна лінія	Вибраний переріз кабелю, мм ²	$\Gamma_{\text{доп}}, \text{ A}$	$K_{\text{зах}} I_{\text{ном.т.р}}, \text{ A}$	Остаточний вибраний кабель	$\Gamma_{\text{доп}}, \text{ A}$
До СРШ 1	25	101,57	100	АВВГ(3х25+1х16)	101,57
До СРШ 2	16	79,49	100	АВВГ(3х25+1х16)	101,57
До СРШ 3	16	79,49	100	АВВГ(3х25+1х16)	101,57
До ЩРО	4	36,48	31,5	АВВГ(3х4+1х2,5)	36,48

Кабелі до СРШ2 та СРШ3 замінено на АВВГ 25 мм².

Для розподільної мережі аналогічно узгоджуються перерізи вибраних проводів, результати в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з апаратами захисту.

Живильна лінія до ЕП	Вибраний переріз кабелю, мм ²	$\Gamma_{\text{доп}}, \text{ A}$	$K_{\text{зах}} I_{\text{ном.т.р}}, \text{ A}$	Остаточний вибраний провід	$\Gamma_{\text{доп}}, \text{ A}$
1	2,5	18,24	16	АПВ 4х2,5	18,24
2	2,5	18,24	16	АПВ 4х2,5	18,24
3	2,5	18,24	16	АПВ 4х2,5	18,24
4	6	28,8	32	АПВ 4х8	35,52
5	4	22,08	32	АПВ 4х8	35,52
6	4	22,08	32	АПВ 4х8	35,52
7	2,5	18,24	16	АПВ 4х2,5	18,24
8	2,5	18,24	16	АПВ 4х2,5	18,24

9	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
10	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
11	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
12	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
13	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
14	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
15	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
16	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
17	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
18	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
19	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
20	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
21	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
22	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
23	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
24	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
25	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
26	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
27	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
28	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
29	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
30	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
31	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
32	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
33	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
34	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
35	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
36	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
37	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24

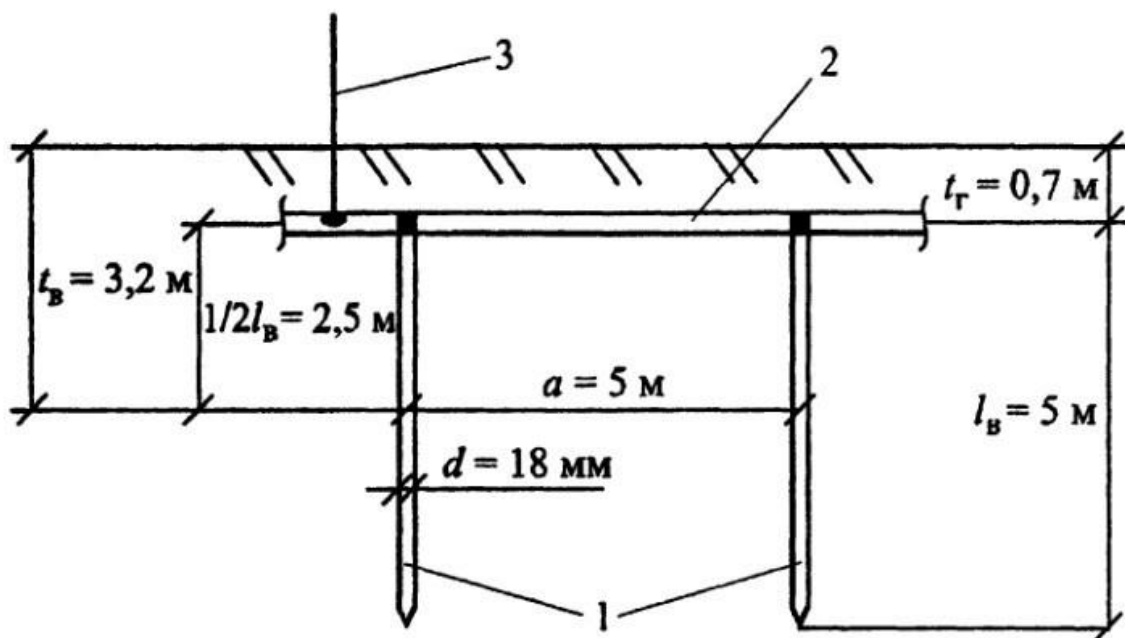
38	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
39	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
40	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
41	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
42	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
43	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
44	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
45	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
46	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
47	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24
48	2,5	18,24	16	АПВ 4x2,5	18,24

Проводи до ЕП 4,5,6 були замінені на більший переріз жили, а саме 8 мм².

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Зміст	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

7 Розрахунок заземлення цехової ТП

Пристрій заземлення (ПЗ) для внутрішньоцехової КТП із зовнішнього боку цеху з розташуванням вертикальних заземлювачів за контуром з відстанню між ними $a = 5$ м. Матеріал вертикальних заземлювачів – кругла сталь (електрод) діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_B = 5$ м. Метод занурення вертикальних заземлювачів – вкручування. Верхні кінці вертикальних заземлювачів занурені на глибину $t_T = 0,7$ м і приварені до горизонтального заземлювача із сталеві смуги шириною $b = 40$ мм і висотою $h = 4$ мм (рисунок 7.1).



**Рисунок 7.1 – Конструкція пристрою заземлення:
1 – вертикальний заземлювач; 2 – горизонтальний заземлювач;
3 – заземлюючий провідник**

При виконанні ПЗ одночасно для заземленням ЕО до і понад 1 кВ приймається опір ПЗ цієї установки, де він є мінімальним. Зі сторони напруги 0,38/0,22 кВ опір заземлення має бути $R_3 \leq 4$ Ом.

Величини питомого опору ґрунту для суглинку для попередніх розрахунків складає ([1, с.265]) $\rho = 100$ Ом · м. Коефіцієнти вертикальної

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

прокладки і горизонтальної прокладки приймаються для 3-го кліматичного району (з таблиці [1, с.252]) $K_B = 1,3$, $K_\Gamma = 2,5$.

Розрахункові питомі опори ґрунту для вертикальних і горизонтальних заземлювачів визначаються:

$$\rho = K_B \rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м} , \quad 7.1$$

$$\rho = K_\Gamma \rho, \text{ Ом} \cdot \text{ м} , \quad 7.2$$

$$\rho_{p.B} = 1,3 \cdot 100 = 130 \text{ Ом} \cdot \text{ м} ,$$

$$\rho_{p.\Gamma} = 2,5 \cdot 100 = 250 \text{ Ом} \cdot \text{ м} .$$

Визначається опір розтікання одного вертикального електрода діаметром $d = 18$ мм і довжиною $l_B = 5$ м при занурені на глибину $t_\Gamma = 0,7$ м за формулою:

$$R_{з.в} = \frac{0.366 \rho_{p.B}}{l_B} \left(\lg \frac{2l_B}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t_B + l_B}{4t_B - l_B} \right), \text{ Ом} \quad 7.3$$

де $\rho_{p.B}$ – питомий опір ґрунту, Ом·м;

l – довжина електрода, м;

d – зовнішній діаметр електрода, м;

t – глибина закладання, м (для вертикального електрода, верхній кінець якого нижчий за рівень землі, відстань від поверхні землі до середини електрода).

$$R_{з.в} = \frac{0.366 \cdot 130}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{18 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 3,2 + 5}{4 \cdot 3,2 - 5} \right) = 27,82 \text{ Ом} .$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

З таблиці [1, с.267] без урахування горизонтальних смуг при попередньо вибраній кількості електродів у контурі $n=20$ шт. та відношення $a/l_B = 1$ вибирається коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів з урахуванням екранування $K_{B.B.e} = 0,47$ (середня).

Наближена кількість вертикальних заземлювачів обчислюється:

$$n = \frac{R_{з.в}}{K_{B.B.e}R_з}, \text{ шт.}, \quad 7.4$$

$$n = \frac{27,82}{0,47 \cdot 4} = 14,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо найближче більше ціле число $n = 15$ шт.

Визначимо опір розтікання горизонтального заземлювача зі сталевієї смуги шириною b і висотою h за формулою:

$$R_{з.г} = \frac{0.366\rho_{п.г}}{l_г} \lg \frac{2l_г^2}{bt_г}, \quad 7.5$$

де b – ширина смугового електрода, м.

$$R_{з.г} = \frac{0.366 \cdot 250}{5 \cdot 15} \lg \frac{2(5 \cdot 15)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 6,84 \text{ Ом.}$$

З таблиці [1, с.267] при кількості вертикальних заземлювачів у контурі $n = 15$ шт. і при зазначеному відношенні $a/l_B = 1$ вибирається коефіцієнт використання горизонтальної смуги $K_{B.г.e} = 0,3$ (середня). Опір розтікання горизонтального заземлювача з урахуванням екранування:

$$R_{з.г.e} = \frac{R_{з.г}}{K_{B.г.e}} = \frac{6,84}{0,3} = 22,8 \text{ Ом.} \quad 7.6$$

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

Визначимо уточнений опір вертикальних електродів з урахуванням горизонтальної смуги:

$$R_{з.в.е} = \frac{R_{з.г.е}R_з}{R_{з.г.е} - R_з} = \frac{22,8 \cdot 4}{22,8 - 4} = 4,85 \text{ Ом.} \quad 7.7$$

Уточнена кількість вертикальних електродів визначається з урахуванням $n = 15$ шт. , $a/l_B = 1$, $K_{в.в.е} = 0,51$

$$n = \frac{R_{з.в}}{K_{в.в.е}R_{з.в.е}} = \frac{27,82}{0,51 \cdot 4,85} = 11,25 \text{ шт.}$$

Округляємо до найближчого більшого і остаточно приймаємо 12 вертикальних електродів розміщених по контуру.

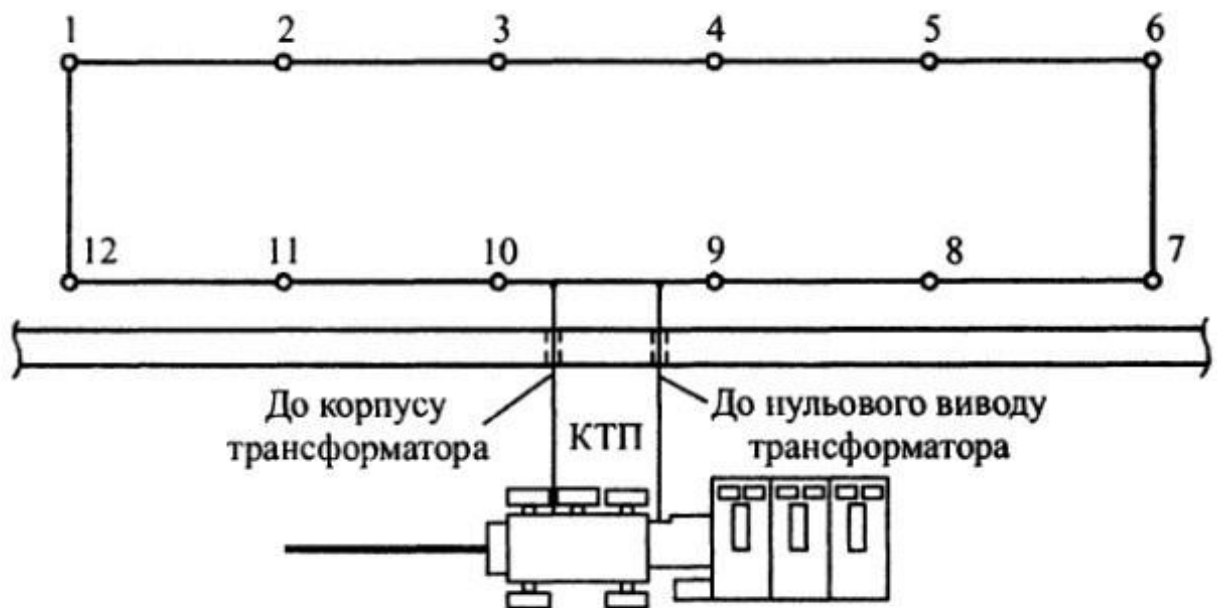


Рисунок 7.2 – Розташування контуру заземлення цехової комплектної трансформаторної підстанції

Висновок

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було спроектовано електропостачання деревообробного цеху з власною КТП. А також проведені розрахунки:

- Електричних навантажень ЕП на лінію;
- Потужності трансформаторів КТП;
- Перерізу провідників;
- Струму КЗ та апаратів захисту;
- Заземлення КТП.

За результатами розрахунків можна побачити, що попередньо вибраний переріз фазних жил кабелів та проводів не завжди підходять. Тому треба перевіряти їх за умовам захисту.

Під час виконання дипломного проекту я набув навичок самостійного розв'язання задач поставленого завдання із проектування внутрішньо цехового електропостачання.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103

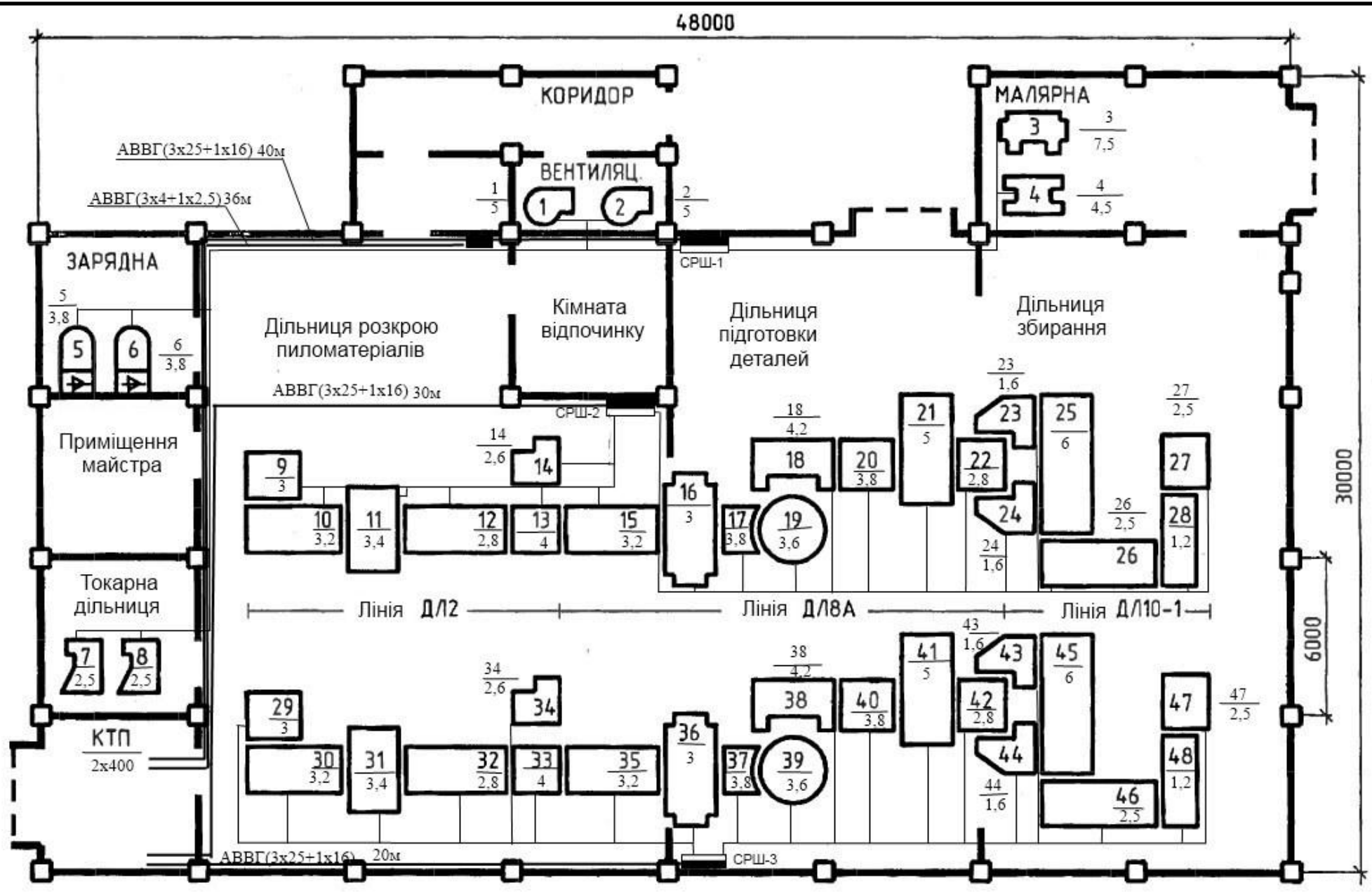
Список використаної літератури

1. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: навч. посіб. – Суми: Університет. кн., 2007. – 280 с.
2. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / Под ред. Б.Н. Неклепаева. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002 .- 152 с
3. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
4. Автоматический выключатель серии ВА47-29 Руководство по эксплуатации. Паспорт. <https://tdme.ru/upload/pasport/VA47-29.pdf>
5. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів спеціальності 141–Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/Освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»/ укладачі: І.Л. Лебединський, І.І. Борзенков – Суми: СумДУ, 2019. – 40 с.
6. Василега П.О. Електропостачання: підручник. – Суми : СумДУ, 2019. – 521 с.
7. Маліновський А.А., Хохулін Б.К., Основи електропостачання. Навчальний посібник. – Видавництво Національного університету „Львівська політехніка”, 2005. – 324 с.
8. ГОСТ 28249-93. КОРОТКИЕ ЗАМЫКАНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ
9. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153-34.0-20.527-98. – Утверждены 23.03.1998 г.
10. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. - Суми: ВТД “Університетська книга”, 2006. - 153 с.
11. Справочник по проектированию электроснабжения Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

					БР 5.6.141.104 ПЗ	Арк.
Зміст	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		104

Зам.	
Арк.	
№ док.	
Підпис	
Дата	

БР 5.6.141.104 ПЗ



№ докум.
Дата

БР 5.6.141.104 ПЗ

106

