

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Розробка системи електропостачання цеху промислового
підприємства»

з напрямку підготовки 6.050701 «Електротехніка та електротехнології»

Виконав
студент гр. ЕТ-51

Ю.В. Зимогляд

Керівник, канд.техн.наук

С.М. Лебедка

СУМИ 2019

5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)
– Генеральний план цеху з позначенням електроприймачів, ЦТП і провідників мережі електропостачання;

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи
1	Затвердження теми та завдання бакалаврської роботи	01.05
2	Підготовка вихідних даних	10.05
3	Виконання розрахункової частини	31.05
4	Оформлення пояснювальної записки, креслень	10.06
5	Отримання підпису завідувача кафедри	14.06
6	Попередній захист	18.06
7	Захист в екзаменаційній комісії	19.06

Студент

(підпис)

Ю.В. Зимогляд

Керівник роботи

(підпис)

С.М. Лебедка

РЕФЕРАТ

Об'єкт розробки: електропостачання цеху промислового підприємства.

Мета роботи: розробка надійної системи електропостачання цеху промислового підприємства.

Завдання. Для досягнення поставленої мети треба вирішити такі завдання:

- розрахувати електричні навантаження;
- провести розрахунки по вибору трансформаторних підстанцій, їх кількості, потужності трансформаторів і компенсаційних пристроїв за необхідністю;
- здійснити необхідні розрахунки при виборі кабельно-провідникової продукції, комутаційно-захисного обладнання, тощо;
- забезпечити надійність системи електропостачання.

Методи дослідження. При виконанні проекту, в основному, застосовуються **аналітичні методи** розрахунку, більша частина яких реалізується за допомогою сучасного програмного забезпечення на ПК.

Практичне значення проекту полягає у розробці надійної, безперебійної та раціональної системи електропостачання механічного цеху машинобудівного заводу. Розробка надійного і безперебійного електропостачання забезпечить максимальний випуск продукції, що, в свою чергу, дозволяє підвищити отриманий прибуток підприємства.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ПРОВІДНИКИ, РАЦІОНАЛЬНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВ	—	автоматичний вимикач
АВР	—	автоматичне вмикання резерву
АД	—	асинхронний двигун
ГПП	—	головна понижувальна підстанція
ДЖ	—	джерело живлення
ДРЛ	—	дугова ртутна люмінесцентна лампа
ДРП	—	джерело реактивної потужності
ЕА	—	електричний апарат
ЕП	—	електроприймач
ККУ	—	комплектні конденсаторні установки
КЗ	—	коротке замикання
НК	—	низьковольтні конденсатори
НН	—	низька напруга
ПС	—	підстанція
ПЗ	—	пристрій заземлення
ПРЕ	—	пункт розподілу електроенергії
ПТЕ	—	правила технічної експлуатації
ПУЕ	—	правила улаштування електроустановок
СЕП	—	система електропостачання
СРШ	—	силова розподільна шафа
ТП	—	трансформаторна підстанція
ЦТП	—	цехова трансформаторна підстанція
ШМА	—	шинопровід магістральний алюмінієвий
ШРА	—	шинопровід розподільний алюмінієвий
ЩАО	—	щит аварійного освітлення
ЩРО	—	щит робочого освітлення

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Характеристика цеху промислового підприємства	8
2. Розрахунок силових електричних навантажень	10
2.1. Розрахунок силових електричних навантажень на першому рівні електропостачання.....	11
2.2. Розрахунок силових електричних навантажень на другому рівні електропостачання.....	12
2.3. Розрахунок силових електричних навантажень на третьому рівні електропостачання.....	15
2.4. Розрахунок навантаження загального та аварійного освітлення цеху.....	16
2.5. Розрахунок навантаження шин низької напруги цехової трансформаторної підстанції	18
2.6. Розрахунок пікових струмів	20
3. Вибір силових трансформаторів та пристроїв компенсації реактивної енергії.....	21
3.1. Вибір кількості та потужності силових трансформаторів.....	21
3.2. Вибір кількості та потужності пристроїв компенсації реактивної енергії.....	22
4. Вибір перерізу провідників	24
4.1. Вибір перерізу кабельної лінії напругою понад 1 кВ	24
4.2. Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ	27
4.3. Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ	31

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Зимогляд Ю.В.</i>			<i>Розробка системи електропостачання промислового підприємства</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Лебедка С.М</i>				5		
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, ЕТ-51</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Никифоров</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Лебединський</i>						

5. Розрахунок струмів короткого замикання.....	33
5.1. Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричних мережах напругою до 1 кВ.....	33
5.2. Розрахунок струмів однофазного короткого замикання	38
6. Вибір електричних апаратів.....	40
6.1. Вибір електричних апаратів в електричних мережах напругою до 1 кВ.....	41
6.2. Узгодження вибраного перерізу провідників електричної мережі напругою до 1 кВ з вибраними апаратами захисту	47
7. Охорона праці.....	50
Висновок	52
Список літератури.....	53
Додаток А.....	55
Додаток Б	56
Додаток В	57
Додаток Г	58

ВСТУП

Електричну енергію у сучасному розвиненому суспільстві широко використовують як у виробничій сфері, так і в побуті. Вона за допомогою різного роду пристроїв забезпечує виконання технологічних процесів у виробництві та побуті. Ці пристрої являють собою електроприймачі та споживачі електричної енергії. Основними електроприймачами промислових підприємств є електродвигуни, комплексні електроприводи, зварювальні агрегати, електропечі, електролізні ванни, прилади електричного освітлення, перетворювальні установки тощо.

Головним завданням проектування підприємств є розробка раціонального електропостачання з урахуванням новітніх досягнень науки і техніки на основі техніко-економічного обґрунтування рішень, при яких забезпечується оптимальна надійність постачання споживачів електроенергією в необхідних розмірах, необхідної якості з найменшими витратами. Реалізація даного завдання пов'язана з розглядом низки питань, що виникають на різних етапах проектування. Надійність системи електропостачання в першу чергу визначається схемними і конструктивними побудовами системи, розумним обсягом закладених у неї резервів. Раціональні схеми рішення повинні забезпечувати обмеження струмів короткого замикання. У необхідних випадках при проектуванні систем електропостачання повинна бути передбачена компенсація реактивної потужності.

У ході виконання роботи буде розроблено внутрішнє електропостачання механічного цеху. Для цього будуть розраховані електричні навантаження, обрано число та потужність трансформаторів КТП, номінальна напруга, переріз кабелів. Також буде виконаний вибір та перевірка комутаційно-захисної апаратури.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕХУ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

У даній дипломній роботі буде розглядатися механічний цех, який спеціалізується на виробництві різного роду будівельних кріплень.

Цех призначений для серійного виробництва виробів з металу – болти, гайки, шайби, цвяхи, гвинти, шурупи та анкери. Для цієї мети встановлено основне робоче обладнання: токарно-гвинторізні верстати, холодновисадочні автомати, електропечі опору, установки для хромування деталей та гальванічна лінія загального призначення.

ЕП розраховані на напругу 0,38 кВ частотою 50 Гц.

Відстань до ГПП: 300 м.

Напруга джерела живлення: 10 кВ.

Режим роботи нейтралі в мережі НН: глухозаземлена.

Середовище промислового приміщення: нормальне.

Загальна площа цеху: $20 \times 26 \text{ м}^2$

Відсоток ЕП по категорії надійності електропостачання:

I – 30%;

II – 50%;

III – 20%.

Загальний перелік електрообладнання із вказаними вихідними даними наведено у таблиці 1.1.

Схема живлення ЕП наведена в додатку А.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Силові електроприймачі механічного цеху

Найменування груп ЕП	Кільк. ЕП n, шт.	Номинальна потужність, кВт		Коеф. викор., K_B	Коеф. потужності	
		одного ЕП, $P_{НОМ}$	загальна, $P_{НОМ}$		$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
Токарно-гвинторізні верстати (II)	11	5,7	62,7	0,15	0,7	1,02
Кран-балка (III)	1	5,3	5,3	0,2	0,5	1,73
Автомати холодновисадочні (II)	11	9,4	103,4	0,2	0,7	1,02
Усього по ШРА	23					
Електропечі опору (I)	6	43,5	261	0,65	0,98	0,2
Вентилятори (III)	6	7,7	46,2	0,7	0,8	0,75
Усього по СРШ 1	12					
Гальванічна лінія загального призначення (I)	2	35,1	70,2	0,85	0,6	1,33
Установка для хромування деталей (I)	4	15,2	60,8	0,9	0,7	1,02
Усього по СРШ2	6					

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.050701.126 ПЗ

Арк.

9

2. РОЗРАХУНОК СИЛОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

Електричне навантаження – це величина, що характеризує споживання електроенергії окремими приймачами чи групою приймачів. При проектуванні систем електропостачання електричне навантаження в основному задають потужністю чи струмом [1].

У даній роботі визначенню підлягають такі значення навантажень:

- **Розрахункове** – приймається рівним математичному сподіванню максимального навантаження за інтервал часу 30 хв. Необхідне для вибору перерізу струмопровідних частин, номінального струму ЕА, потужності силових трансформаторів та для визначення втрат потужності та напруги;
- **Середнє за максимально завантаженою зміну** – групове навантаження, яке обумовлене неоднаковим завантаження у даний момент часу. Використовується для визначення розрахункового навантаження;
- **Пусковий та піковий струми** – це максимальний короточасний струм тривалістю в кілька секунд. Необхідні для вибору уставок розчеплювачів АВ та плавких вставок запобіжників.

При розрахунку електричних навантажень у внутрішньоцеховій СЕП виділяють три рівні електропостачання [2]:

- **Перший рівень** – це електричні мережі напругою до 1кВ, які приєднують окремі ЕП до ПРЕ;
- **Другий рівень** – це електричні мережі напругою до 1 кВ, які приєднують СРШ, силові пункти та збірки, ШРА до збірних шин НН ЦТП або до ШМА;
- **Третій рівень** – це збірні шини НН цехових ТП та ШМА.

					БР 3.6.050701.126 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обчислення розрахункових навантажень цеху на другому та третьому рівнях електропостачання здійснюється *методом розрахункових коефіцієнтів* [3]. Цей метод належить до основних методів розрахунку електричних навантажень та є найбільш точним.

2.1. Розрахунок силових електричних навантажень на першому рівні електропостачання

На *першому* рівні електропостачання навантаження на лінію створюється одним ЕП, тому для всіх таких приєднань при відомому фактичному коефіцієнті завантаження k_3 (в нашому випадку $k_3 = 1$) ЕП розрахункові активні та реактивні навантаження визначаються за формулами

$$p_{p.1} = k_3 \cdot p_{ном} , \quad (2.1)$$

$$q_{p.1} = p_{p.1} \cdot tg\varphi , \quad (2.2)$$

$$s_{p.1} = \sqrt{p_{p.1}^2 + q_{p.1}^2} , \quad (2.3)$$

$$I_{p.1} = \frac{s_{p.1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} , \quad (2.4)$$

$$I_{пуск} = I_{p.1} \cdot k_{пуск} , \quad (2.5)$$

де $tg\varphi$ – відповідає паспортному значенню коефіцієнта потужності $cos\varphi$, яке характерне для даного ЕП;

$U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ;

$k_{пуск}$ – коефіцієнт пуску.

Для конкретних ЕП коефіцієнти пуску приймають за паспортними даними, але якщо вони відсутні то величина пускового струму приймається:

- 5-кратною для АД к короткозамкненим ротором та СД;

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

– 1-кратною для електропечей опору.

Отримані за формулами (2.1) – (2.5) результати розрахунків для ЕП цеху наводяться в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункове силове навантаження на першому рівні електропостачання

№ за планом	Найменування ЕП	$P_{ном},$ кВт	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	Розрахункові дані				
					$P_{р.1},$ кВт	$Q_{р.1},$ кВар	$S_{р.1},$ кВ·А	$I_{р.1},$ А	$I_{пуск},$ А
1-11	Токарно-гвинторізні верстати	5,7	0,7	1,02	5,7	5,8	8,1	12,4	61,9
12-22	Автомати холодновисадочні	9,4	0,7	1,02	9,4	9,6	13,4	20,4	102,0
23-28	Електропечі опору	43,5	0,98	0,20	43,5	8,8	44,4	67,4	67,4
29-34	Вентилятори	7,7	0,8	0,75	7,7	5,8	9,6	14,6	73,1
35-36	Гальванічна лінія загального призначення	35,1	0,6	1,33	35,1	46,8	58,5	88,9	444,4
37-40	Установка для хромування деталей	15,2	0,7	1,02	15,2	15,5	21,7	33,0	165,0
41	Кран-балка	5,3	0,5	1,73	5,3	9,2	10,6	16,1	80,5

2.2. Розрахунок силових електричних навантажень на другому рівні електропостачання

На *другому* рівні електропостачання навантаження на живильну лінію створюється групою ЕП, які приєднані до ПРЄ. Оскільки, одночасно з максимальним навантаженням усі ЕП не працюють, то результуюче навантаження буде менше від суми їх номінальних потужностей, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень $K_{р.а}$ і $K_{р.р}$ відповідно.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K_{p,a}$ залежить від ефективного числа ЕП n_e , групового коефіцієнта використання активної потужності K_B та сталої часу нагрівання мережі $T_0 = 10$ хв [4].

Ефективне число ЕП n_e – це умовна кількість однорідних за режимом роботи ЕП однакової потужності, яка зумовлює таке саме значення розрахункового навантаження, що і група різних за потужністю ЕП. Величина n_e визначається за формулою

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i})^2}{\sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i}^2}, \quad (2.6)$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

$p_{\text{ном.}i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП.

Знайдене за формулою (2.6) значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа. Число ефективних ЕП приймається рівним дійсному числу ЕП n , якщо відношення потужностей найбільшого до найменшого ЕП групи не перевищує 3 ($p_{\text{ном.макс}}/p_{\text{ном.мін}} \leq 3$) [2].

Для груп різних ЕП різної потужності та режиму роботи груповий коефіцієнт використання активної потужності K_B визначається за формулою

$$K_B = \frac{\sum_{i=1}^k P_{\text{см.}i}}{\sum_{i=1}^k P_{\text{ном.}i}}, \quad (2.7)$$

де k – кількість характерних груп ЕП;

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

$P_{\text{ном.}i}$ – групова номінальна активна потужність i -ї групи ЕП.

$$P_{\text{см.}i} = \sum_{i=1}^n k_{v,i} \cdot p_{\text{ном.}i}, \quad (2.8)$$

$$P_{\text{ном.}i} = \sum_{i=1}^n p_{\text{ном.}i}, \quad (2.9)$$

де n – кількість працюючих ЕП в групі;

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

$p_{ном.i}$ – номінальна активна потужність i -го ЕП.

Коефіцієнти використання активної потужності $k_{в}$ наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [5].

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K_{р.а}$ на другому рівні електропостачання наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [3].

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

$$P_{р.2} = K_{р.а} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} = K_{р.а} \cdot \sum_{i=1}^n p_{см.i}, \quad (2.10)$$

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

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 $K_{р.р}$ при числі ефективних ЕП $n_e \leq 10$ приймається $K_{р.р} = 1.1$, а при $n_e > 10$ приймається $K_{р.р} = 1$ [2].

Розрахункове силове повне навантаження на другому рівні електропостачання визначається за формулою

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

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{р.2} = \frac{S_{р.2}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.13)$$

					БР 3.6.050701.126 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отримані за формулами (2.6) – (2.13) результати розрахунків для ЕП цеху наводяться в таблиці 2.2. (див. ст. 19)

2.3. Розрахунок силових електричних навантажень на третьому рівні електропостачання

На *третьому* рівні електропостачання результуюче навантаження завжди менше від суми їх номінальних потужностей і буде близьким до значення середнього навантаження за максимально завантаженою зміну, що характеризується коефіцієнтами розрахункових активних і реактивних навантажень $K'_{p,a}$ і $K'_{p,r}$ відповідно [3].

На цьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p,a}$ також залежить від ефективного числа ЕП n_e , групового коефіцієнта використання активної потужності K_B та сталої часу нагрівання мережі $T_0 = 2,5$ години [2].

На третьому рівні електропостачання через значну кількість ЕП величина ефективного кількості ЕП n_e визначається за спрощеною формулою

$$n_e = 2 \cdot \sum_{i=1}^m p_{\text{ном.}i} / p_{\text{ном.макс}} \quad (2.14)$$

де m – усі ЕП в групі, які живляться від шин НН ЦТП або ШМА;

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

Якщо знайдене за формулою (2.14) значення $n_e > n$, то приймається $n_e = n$. Значення n_e округляється до найближчого меншого цілого числа.

Числові значення коефіцієнтів розрахункових активних навантажень $K'_{p,a}$ наводяться у відповідній технічній та довідковій літературі [3].

Розрахункове силове активне навантаження $P_{p,з}$ та розрахункове силове реактивне навантаження $Q_{p,з}$ на третьому рівні електропостачання визначаються за формулами

					БР 3.6.050701.126 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{p.3} = K'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^n k_{в.i} \cdot p_{ном.i} = K'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^n P_{см.i} , \quad (2.15)$$

$$Q_{p.3} = K'_{p.a} \cdot \sum_{i=1}^n Q_{см.i} , \quad (2.16)$$

На третьому рівні електропостачання коефіцієнт розрахункових активних навантажень $K'_{p.a}$ і розрахункових реактивних навантажень $K'_{p.p}$ приймаються рівними ($K'_{p.a} = K'_{p.p}$) [2].

Розрахункове повне силове електричне навантаження цеху визначається так:

$$S_{p.3} = \sqrt{P_{p.3}^2 + Q_{p.3}^2} , \quad (2.17)$$

При цьому розрахунковий струм визначається як

$$I_{p.3} = \frac{S_{p.3}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} , \quad (2.18)$$

де $U_{ном}$ – номінальна напруга електричної мережі до 1 кВ.

Розрахункові величини та розрахункові навантаження силових ЕП на третьому рівні електропостачання наводяться у таблиці 2.2. (див. ст. 19)

2.4. Розрахунок навантаження загального та аварійного освітлення цеху

Електричне освітлення виробничих приміщень виконується світильниками, які розподіляють рівномірно по кожній окремій фазі трифазної електричної мережі. Тому електричне освітлення можна розглядати як трифазне навантаження [2].

Розрахункове навантаження загального електричного освітлення цеху визначається *методом коефіцієнта попиту* [6, 7].

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для цього слід розрахувати номінальне навантаження загального освітлення цеху $P_{\text{заг.о}}$, яке визначається за формулою

$$P_{\text{заг.о}} = k \cdot p_{\text{п.о}} \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.19)$$

де k – коефіцієнт, який враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла. В нашому цеху застосовуються лампи типу ДРЛ, тому приймаємо $k = 1,1$ [2];

$p_{\text{п.о}}$ – питома установлена потужність загального освітлення цеху, кВт/м²;

F – площа цеху, яка підлягає освітленню, м².

Розрахункове активне навантаження загального освітлення цеху визначається так:

$$P_{\text{р.о}} = K_{\text{п.о}} \cdot P_{\text{заг.о}}, \quad (2.20)$$

де $K_{\text{п.о}}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення.

Для виробничих будівель, що виконуються у вигляді великих прогонів приймається рівним $K_{\text{п.о}} = 0,95$ [2].

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення цеху визначається як

$$Q_{\text{р.о}} = P_{\text{р.о}} \cdot \text{tg}\varphi_0, \quad (2.21)$$

де $\text{tg}\varphi_0$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos\varphi_0$, прийнятого для ламп ДРЛ рівним $\cos\varphi_0 = 0,5$

Розрахункове повне навантаження загального освітлення цеху визначається так:

$$S_{\text{р.о}} = \sqrt{P_{\text{р.о}}^2 + Q_{\text{р.о}}^2}, \quad (2.22)$$

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{\text{р.о}} = \frac{S_{\text{р.о}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (2.23)$$

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове навантаження аварійного освітлення приймається 10% від загального.

Результати розрахунків загального та аварійного освітлення цеху наведено у таблиці 2.2 (див. ст. 19).

2.5. Розрахунок навантаження шин низької напруги цехової трансформаторної підстанції

Розрахункове навантаження на шинах НН ЦТП необхідне для вибору номінальної потужності трансформаторів і пристроїв компенсації реактивної потужності [2].

При обчисленні загального розрахункового навантаження ЦТП приймаємо коефіцієнт одночасності максимумів навантаження $K_o = 1,0$.

Загальне розрахункове активне навантаження ЦТП визначається за формулою

$$P_{p.ЦТП} = P_{p.з} + P_{p.o} + P_{p.a.o} , \quad (2.24)$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження ЦТП визначається так:

$$Q_{p.ЦТП} = Q_{p.з} + Q_{p.o} + Q_{p.a.o} , \quad (2.25)$$

Таким чином, загальне розрахункове повне навантаження ЦТП визначається як

$$S_{p.ЦТП} = \sqrt{P_{p.ЦТП}^2 + Q_{p.ЦТП}^2} , \quad (2.26)$$

При цьому розрахунковий струм дорівнює

$$I_{p.o} = \frac{S_{p.ЦТП}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} , \quad (2.27)$$

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунків навантаження на шинах НН ЦТП наводяться у таблиці 2.2

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

Зм.	
Арк.	
№ докум.	
Підпис	
Дата	

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку електричних навантажень

Найменування груп ЕП	Кільк. ЕП n, шт.	Номинальна потужність, кВт		Коеф. викор., $K_{\text{в}}$	Коеф. потужності		Сер. нав. за макс. завантажену зміну		Еф. кільк. ЕП не, шт.	Коеф. розрах. нав.		Розрах. навантаження			Розрах. струм I_p , А
		одного ЕП, $P_{\text{ном}}$	загальна, $P_{\text{ном}}$		$\cos\phi$	$\text{tg}\phi$	$P_{\text{см}}$, кВт	$Q_{\text{см}}$, кВар		$K_{p.a}$	$K_{p.p}$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВ·А	
Токарно-гвинторізні верстати (II)	11	5,7	62,7	0,15	0,7	1,02	9,4	9,6							
Кран-балка (III)	1	5,3	5,3	0,2	0,5	1,73	1,1	1,8							
Автомати холодновисадочні (II)	11	9,4	103,4	0,2	0,7	1,02	20,7	21,1							
Усього по ШРА	23		171,4	0,2			31,1	32,5	23	1	1	31,1	32,5	45,0	68,4
Електропечі опору (I)	6	43,5	261	0,65	0,98	0,2	169,7	34,4							
Вентилятори (III)	6	7,7	46,2	0,7	0,8	0,75	32,3	24,3							
Усього по СРШ 1	12		307,2	0,66			202,0	58,7	8	1,01	1,1	204,0	64,6	214,0	325,1
Гальванічна лінія загального призначення (I)	2	35,1	70,2	0,85	0,6	1,33	59,7	79,6							
Установка для хромування деталей (I)	4	15,2	60,8	0,9	0,7	1,02	54,7	55,8							
Усього по СРШ2	6		131,0	0,87			114,4	135,4	6	1	1,1	114,4	148,9	187,8	285,3
3-й рівень електропостачання	41		609,6	0,57			347,5	226,6	28	0,85	0,85	295,4	192,6	352,7	535,8
Робоче освітлення			8,58	0,95	0,5	1,73						8,15	14,12	16,3	24,77
Аварійне освітлення												0,82	1,41	1,63	
Усього на шинах НН ЦТП												304,4	208,2	368,7	560,2

БР 3.6.050701.126 ПЗ

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 [8]:

$$I_{\text{пiк}} = I_{\text{пуск.макс}} + (I_{\text{р.2}} - k_{\text{в}} \cdot I_{\text{ном.макс}}), \quad (2.28)$$

де $I_{\text{р.2}}$ – розрахунковий струм усіх ЕП групи;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання ЕД з найбільшим пусковим струмом;

$I_{\text{ном.макс}}$ – номінальний струм ЕД за найбільшим пусковим струмом.

Найбільші пускові струми ЕД $I_{\text{пуск.макс}}$ для групи ЕП вибираються із таблиці 2.1

Отримані результати розрахунків наводяться в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку пікових струмів

Найменування ПРЄ	Дані найпотужнішого ЕП			Розрахунковий струм $I_{\text{р}}$, А	Коефіцієнт використання, $k_{\text{в}}$	Піковий струм $I_{\text{пiк}}$, А
	Номер за планом	Номінальний струм $I_{\text{ном.макс}}$, А	Пусковий струм $I_{\text{пуск.макс}}$, А			
ШРА	12	24,0	120,0	68,4	0,20	183,6
СРШ 1	23	67,4	67,4	325,1	0,65	348,7
СРШ 2	35	104,6	522,8	285,3	0,85	719,3

3. ВИБІР СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА ПРИСТРОІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ЕНЕРГІЇ

3.1. Вибір кількості та потужності силових трансформаторів

Кількість трансформаторів, яку треба встановити на ПС, у першу чергу залежить від категорії споживачів, що підключаються до ПС. На ПС, що містять споживачів I категорії, необхідна установка двох трансформаторів [1]. Отже у нашому випадку буде застосована двотрансформаторна ЦТП.

Коефіцієнт завантаження трансформатора β_T слід вибирати відповідно до умов необхідного резервування з урахуванням перевантажувальної спроможності [9, 10].

У практичних розрахунках для двотрансформаторних ПС, які живлять переважно ЕП I та II категорії надійності, рекомендується приймати коефіцієнт завантаження трансформатора рівний $\beta_T = 0,65 - 0,7$.

Потужність трансформаторів ЦТП вибирають за розрахунковим навантаженням. Оскільки воно на шинах НН на лежить до 3-го рівня електропостачання і визначається за середньозмінним навантаженням за найбільш завантажену зміну, то дана умова виконується, бо потроєна постійна часу трансформатора ($3T_0 = 3 \cdot 2,5 = 7,5$ год) майже дорівнює тривалості робочої зміни (8 год).

Потужність трансформатора вибирають з урахуванням необхідного резервування всіх ЕП I та II категорії надійності в результаті роботи АВР на секційному вимикачі [2].

Мінімальна потужність трансформаторів буде в тому випадку, коли через них реактивна потужність не передається, а повністю компенсується на стороні НН до 1 кВ. Це базовий варіант, при якому розрахункове реактивне навантаження ЦТП $Q_{p,ЦТП}$ дорівнює загальній потужності НК $Q_{н.к.}$

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При трьох і менше трансформаторах їх номінальну потужність вибирають за розрахунковим активним навантаженням з урахуванням прийнятого коефіцієнта завантаження трансформатора β_T за емпіричною формулою [7– 9]

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.ЦТП}}}{N \cdot \beta_T} = \frac{304,4}{2 \cdot 0,7} = 217,4 \text{ кВ} \cdot \text{А} , \quad (3.1)$$

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

$P_{\text{р.ЦТП}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження ЦТП з підрозділу 2.5;

N – кількість трансформаторів ТП.

Обираємо до встановлення в цеху 2КТПВ250–10/0,4–УХЛЗ, яка комплектується двома трансформаторами типу ТМЗ-250/10/0,4 номінальною потужністю 250 кВ·А кожен.

Технічні дані трансформатора наведено у таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Технічні дані трансформатора

Тип	Ном. потужність $S_{\text{ном}}$, кВ·А	Ном. напруга $U_{\text{ном}}$, кВ		Втрата акт. потужності, Вт		Напруга КЗ $U_{\text{к}}$, %	Струм ХХ $I_{\text{х}}$, %	Схема і група з'єднань обмоток	Розрахункові дані		
		ВН	НН	$\Delta P_{\text{к}}$	$\Delta P_{\text{х}}$				$r_{\text{т}}$, Ом	$x_{\text{т}}$, Ом	$\Delta Q_{\text{х}}$, кВар
ТМЗ-250/10	250	10	0,4	3700	740	4,5	2,3	$\Delta/Y_{\text{н}}-11$	5,9	18	4,5

3.2. Вибір кількості та потужності пристроїв компенсації реактивної енергії

Як відомо, зменшення споживання реактивної потужності, яка перетікає між джерелами живлення і ЕП є економічно доцільним, і, як наслідок, зумовлює зменшення величини збитків від втрат напруги та активної і реактивної потужності в складових частинах СЕП [4].

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

У нашому випадку $S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}}$, отже через встановлені трансформатори доцільно передавати реактивну потужність від ДРП до споживачів в мережу до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта завантаження β_T . Дана реактивна потужність визначається як [9, 11]

$$Q_T = \sqrt{(N \cdot \beta_T \cdot S_{\text{ном.т}})^2 - P_{\text{р.ЦТП}}^2} = \\ = \sqrt{(2 \cdot 0,7 \cdot 250)^2 - 304,4^2} = 172,7 \text{ кВар}, \quad (3.2)$$

Потужність НК з номінальною напругою 0,4 кВ визначається так [2]:

$$Q_{\text{н.к}} = Q_{\text{р.ЦТП}} - Q_T = 208,2 - 172,7 = 35,5 \text{ кВар}, \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{р.ЦТП}}$ – сумарне розрахункове активне навантаження ЦТП.

Для застосування приймаємо найближчу стандартну величину потужності ККУ $Q_{\text{н.к.ст}}$, при чому для двотрансформаторної ПС кількість ККУ повинна бути парною. Отже, враховуючи вище сказане та результат формули (3.2) обираємо до встановлення дві ККУ-0,4-25/3-5-У3 номінальною потужністю 25 кВар кожна.

Дані установки мають три ступені регулювання 5+10+10 кВар, що дозволить забезпечити необхідний рівень компенсації реактивної потужності на рівні 30 кВар. Також, у разі збільшення $P_{\text{р.ЦТП}}$ на 5% ККУ дозволять компенсувати реактивну потужність на рівні 50 кВар, а при зменшенні $P_{\text{р.ЦТП}}$ на 5% компенсація буде відбуватися на рівні 5 кВар.

Місцем встановлення ККУ обираємо шини 0,4 кВ ЦТП.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ВИБІР ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДНИКІВ

У даній роботі вибору підлягають перерізи таких провідників:

- кабельні лінії напругою 10 кВ, які з'єднують трансформатори ЦТП з шинами ГПП;
- лінії силової живильної мережі напругою до 1 кВ;
- лінії розподільної мережі від СРШ або ШРА до ЕП;
- мережі пересувних ЕП

Вибір перерізу провідників, як і параметрів інших елементів силової мережі, має відповідати їх роботі в нормальному, форсованому, і аварійному режимах СЕП. У загальному випадку переріз провідників вибирають за економічною щільністю струму, нагріванням, втратами й відхиленням напруги, електродинамічною стійкістю й механічною міцністю [2].

4.1. Вибір перерізу кабельної лінії напругою понад 1 кВ

Вибір перерізу кабельної лінії напругою 10 кВ здійснюється за нормальним режимом навантаження, а перевірка вибраного перерізу – за максимальним режимом навантаження та на стійкість за аварійним режимом.

При виборі перерізу кабелю, який живить ЦТП, як струм нормального режиму приймається номінальний струм первинної обмотки трансформатора, який визначається за формулою

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

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

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

Економічно вигідний переріз кабелів визначається як

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{норм}}}{J_{\text{ек}}}, \quad (4.2)$$

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$J_{\text{ек}}$ – нормоване значення економічно вигідної густини струму згідно таблиці 1.3.36 ПУЕ.

Розрахунковий економічно вигідний переріз $S_{\text{ек}}$ округляється до найближчого більшого стандартного перерізу $S_{\text{ст}}$, мм².

У режимі максимального навантаження кабелів допустимий для кабелю струм з урахуванням умови прокладання та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{\text{доп}}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{\text{пер}}$, які наводяться в таблицях 1.3.1 і 1.3.2 ПУЕ, порівнюють зі струмом його форсованого режиму $I_{\text{ф}}$ з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{\text{рез}}$

$$K_{\text{пер}} \cdot I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{ф}} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{норм}} , \quad (4.3)$$

Допустимий тривалий струм кабелів $I'_{\text{доп}}$ напругою 10 кВ визначається за формулою

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot I_{\text{доп}} , \quad (4.4)$$

Де $K_{\text{сер}}$ – поправковий коефіцієнт на температуру навколишнього середовища (таблиця 1.3.3 ПУЕ);

$K_{\text{пр}}$ – поправковий коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі (таблиця 1.3.26 ПУЕ);

$I_{\text{доп}}$ – допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов (таблиці 1.3.16 і 1.3.18 ПУЕ).

Струм форсованого режиму $I_{\text{ф}}$ для двотрансформаторних ПС виникає через аварію в одному з трансформаторів або лінії, яка їх живить, а також під час ремонту одного з трансформаторів [2]. В такому випадку приймаємо коефіцієнт резервування $K_{\text{рез}} = 1.4$.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У разі невиконання умови за формулою (4.3) необхідно прийняти нове значення найближчого більшого стандартного перерізу кабелю.

Далі необхідно перевірити кабель обраного перерізу $S_{ст}$ перевірити на термічну стійкість.

Термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом кабелю, термостійким до струму КЗ, як

$$S_{мін} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t}}{C}, \quad (4.5)$$

де B_k – тепловий імпульс струму КЗ, A^2c ;

C – температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури кабелю (наводиться в довідниках та [2] в таблиці М.8.), $Ac^{1/2}/mm^2$;

$I_k = I_{п.0}$ – початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ, А;

t – дійсний час вимикання КЗ, с.

Якщо після розрахунку за формулою (4.5) виконується умова $S_{ст} \geq S_{мін}$, то залишається стандартний переріз кабелю. Якщо в результаті розрахунку $S_{ст} < S_{мін}$, то необхідно прийняти нове найближче більше значення стандартного перерізу кабелю $S'_{ст} \geq S_{мін}$.

Дані розрахунку та вибору марки і перерізу кабелю приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Результати розрахунку перерізу кабелю 10 кВ

Кабель до ПРЕ	$I_{норм}, A$	$S_{ек}, mm^2$	$S_{ст}, mm^2$	$K_{пер} \cdot I'_{доп}, A$	$I_{ф}, A$	$S_{мін}, mm^2$	Тип кабелю
до ЦТП	14,43	10,31	16	60,72	20,21	34,96	ААШВ-10 (3x35)

4.2. Вибір перерізу провідників живильної мережі напругою до 1 кВ

4.2.1 Вибір перерізу кабелів

Основною умовою вбору перерізу провідників в електричних мережах напругою до 1 кВ є величина їх нагрівання електричним струмом у нормальному, форсованому, та аварійному режимах. Тому для всіх провідників та умов їх застосування головним у виборі перерізу є нагрівання, яке визначається двома ефектами теплового впливу: максимально допустимою температурою та тепловим зносом ізоляції для даного режиму і класу ізоляції [2].

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

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.2}}, \quad (4.6)$$

де $I_{\text{р.2}}$ – розрахунковий струм другого 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:

$$I'_{\text{доп}} = K_{\text{сер}} \cdot K_{\text{пр}} \cdot K_{\text{попр}} \cdot I_{\text{доп}}, \quad (4.7)$$

де $K_{\text{попр}} = 0,92$ – поправковий коефіцієнт, який вводитьься при визначенні $I'_{\text{доп}}$ для чотирижильних проводів кабелів з пластмасовою ізоляцією напругою до 1 кВ, якщо допустимі тривалі струми взяті із таблиця 1.3.7 ПУЕ як для трижильних кабелів.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір перерізу лише за умов допустимого нагрівання призводить до великих втрат активної потужності та значних втрат напруги. Для остаточного вибору перерізу кабелю слід провести перевірки на допустиму втрату напруги, та відповідності до захисного апарата.

Перевірка за умовою відповідності до захисного апарата буде проводитися після вибору захисних апаратів (див. підрозділ 6.2).

Попередній розрахунок перерізу та вибір кабелю буде базуватися на величині допустимої втрати напруги у кабелю $\Delta U_{\text{кб}}$ та допустимого тривалого струму для кабелю $I'_{\text{доп}}$.

Втрата напруги в кабелях у відсотках визначається як

$$\Delta U_{\text{кб}} = \frac{P_{\text{р.2}} \cdot R_{\text{кб}} + Q_{\text{р.2}} \cdot X_{\text{кб}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \quad (4.8)$$

де $P_{\text{р.2}}$ і $Q_{\text{р.2}}$ – розрахункові активне і реактивне навантаження другого рівня електропостачання відповідно;

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

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

Результати попереднього розрахунку та вибору марки і перерізу кабелю наводяться у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Результати попереднього вибору кабелів

ПРЕ	$I_{\text{р.2}}$, А	$S_{\text{ст}}$, мм ²	$I'_{\text{доп}}$, А	$P_{\text{р.2}}$, кВт	$Q_{\text{р.2}}$, кВар	$\Delta U_{\text{кб}}$, %	Тип кабелю
СРШ 1	325,1	2x4x120	345,92	204,00	64,60	0,14	2xАВВГ-0,4 (4x120)
СРШ 2	285,3	2x4x95	294,03	114,40	148,90	0,16	2xАВВГ-0,4 (4x95)
ШРА	68,4	4x50	77,83	31,1	32,5	0,28	АВВГ-0,4 (4x50)
ЩРО	24,8	4x10	36,32	8,15	14,12	0,35	АВВГ-0,4 (4x10)
ЩАО	2,5	4x2,5	16,43	0,82	1,41	0,12	АВВГ-0,4 (4x2,5)
ККУ 1	38,0	3x16	56,4	0	25	0,01	АВВГ-0,4 (3x16)

ККУ 2	38,0	3x16	56,4	0	25	0,01	АВВГ-0,4 (3x16)
-------	------	------	------	---	----	------	-----------------

4.2.2 Вибір шинопроводів

Комплектні розподільні шинопроводи типу ШРА вибирають за розрахунковим струмом другого рівня електропостачання як

$$I_{\text{ном.ШРА}} \geq I_{\text{р.2}} , \quad (4.9)$$

Втрата напруги в ШРА $\Delta U_{\text{ШРА}}, \%$ з рівномірним навантаженням і розташуванням секції вводу всередині шинопроводу втрата напруги для нього визначається за формулою:

$$\Delta U_{\text{ШРА}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,5 \cdot I_{\text{р.2}} \cdot l \cdot 100}{U_{\text{ном}}} (r_{\text{п}} \cos \varphi + x_{\text{п}} \sin \varphi) , \quad (4.10)$$

де $I_{\text{р.2}}$ – розрахунковий струм ШРА другого рівня електропостачання;

l – довжина ШРА;

$r_{\text{п}}$, $x_{\text{п}}$ – питомі активний та індуктивний опори ШРА відповідно.

Перевірка комплектних шинопроводів на електродинамічну стійкість виконується за умови

$$i_{\text{у.доп}} \geq i_{\text{у.р}} , \quad (4.11)$$

де $i_{\text{у.доп}}$ – допустимий ударний струм КЗ для даного типу шинопроводу;

$i_{\text{у.р}}$ – розрахунковий ударний струм КЗ у місці приєднання живлення до шинопроводу.

Остаточні шинопроводи вибираються після перевірки на електродинамічну стійкість за формулою (4.11) після розрахунку струмів КЗ.

Результати попереднього вибору шинопроводу наведено в таблиці 4.3

Таблиця 4.3 – Технічні та розрахункові дані шинопроводу

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Тип	$I_{\text{ном}}, \text{A}$	$I_{\text{р.2}}, \text{A}$	$i_{\text{у.доп}}, \text{кА}$	$U_{\text{ном}}, \text{В}$	$l, \text{км}$	$\Delta U_{\text{ШРА}}, \%$
ШРА73У3	250	68,4	15	380	0,025	0,12

4.2.3 Вибір тролейних ліній

Розрахунок тролейних ліній з кутової сталі або шинопроводу типу ШТМ полягає у виборі розмірів кутової сталі або серії ШТМ за нагріванням тривалим струмом навантаження й перевіряється на втрату напруги [2].

При виборі за нагріванням розрахунковий струм приймається рівним струму тридцятихвилинного навантаження

$$I_{30} = \frac{\sqrt{(P_{\text{СП}} \cdot K_{30})^2 + (P_{30} \cdot t g \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{\sqrt{P_{30}^2 + Q_{30}^2}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (4.12)$$

де $P_{\text{СП}}$ – споживана активна потужність;

K_{30} – коефіцієнт попиту активної потужності, який визначається з спеціальних кривих залежно від режиму роботи крану та ефективного числа ЕП n_e [12];

P_{30}, Q_{30} – розрахункова активна реактивна потужність відповідно;

$U_{\text{НОМ}}$ – номінальна напруга.

Споживана активна потужність визначається як

$$P_{\text{СП}} = \frac{P_{\text{НОМ.}\Sigma}}{\eta_{\text{НОМ}}}, \quad (4.13)$$

де $P_{\text{НОМ.}\Sigma}$ – сумарна номінальна активна потужність кранових ЕД;

$\eta_{\text{НОМ}}$ – номінальний ККД кранових ЕД

Таким чином за умовою нагрівання

$$I_{\text{доп}} \geq I_{30}, \quad (4.14)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий струм для тролей із сталевих профілів або серії ШТМ.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Втрати напруги в троліях визначають так

$$\Delta U_T = \frac{\Delta e \cdot I_{\text{пiк}} \cdot l}{10000}, \quad (4.15)$$

де Δe – втрата напруги на 100 А пікового струму та 100 м довжини тролію, яка вказується в [11];

$I_{\text{пiк}}$ – піковий струм ЕП тролієвої лінії;

l – відстань від точки приєднання живильної лінії до найбільш віддаленого кінця тролієвої лінії.

Результати вибору та розрахунку тролієвої лінії наведені у таблиці 4.4

Таблиця 4.4 – Результати розрахунку тролієвої лінії

Тип	$I_{\text{доп}}$, А	$U_{\text{ном}}$, кВ	I_{30} , А	$\Delta U_{\text{трл}}$, %
Кутова сталь 40x40x5	120	0,38	3,83	0,46

4.3. Вибір перерізу провідників розподільної мережі напругою до 1 кВ

Переріз проводу (кабелю) розподільних мереж завжди вибирають за умовою нагрівання в нормальному режимі за формулою

$$I'_{\text{доп}} \geq I_{\text{р.1}}, \quad (4.16)$$

де $I_{\text{р.1}}$ – розрахунковий струм першого рівня електропостачання;

Допустимий тривалий струм для провідників $I_{\text{доп}}$ з ПВХ ізоляцією з алюмінієвими жилами залежно від перерізу, способу прокладання, кількості проводів у трубі наводиться у таблиці 1.3.5 ПУЕ.

Для остаточного вибору перерізу необхідно провести перевірки відповідно до вимог ПУЕ: за механічною міцністю, допустимої втрати напруги та за умови відповідності захисному засобу апарату (підрозділ 6.2).

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

За умовою механічної міцності мінімальний переріз для алюмінієвих проводів – 2,5 мм².

Втрата напруги в проводах у відсотках визначається так:

$$\Delta U_{\text{пр}} = \frac{p_{\text{р.1}} \cdot R_{\text{пр}} + q_{\text{р.2}} \cdot X_{\text{пр}}}{10 \cdot U_{\text{ном}}^2}, \quad (4.17)$$

де $p_{\text{р.2}}$ і $q_{\text{р.2}}$ – розрахункові активне і реактивне навантаження першого рівня електропостачання відповідно;

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

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

Результати попереднього вибору перерізу проводів наведено у таблиці 4.5

Таблиця 4.5 – Результати попереднього вибору та розрахунку перерізу проводів

Провід до ЕП, №	$I_{\text{р.2}}$, А	$S_{\text{ст}}$, мм ²	$I_{\text{доп}}$, А	$\Delta U_{\text{кб}}$, %	Тип кабелю
23	67,4	25	75,2	0,10	3хАПВ(1х25) Т32
24	67,4	25	75,2	0,23	3хАПВ(1х25) Т32
25	67,4	25	75,2	0,34	3хАПВ(1х25) Т32
26	67,4	25	75,2	0,11	3хАПВ(1х25) Т32
27	67,4	25	75,2	0,31	3хАПВ(1х25) Т32
28	67,4	25	75,2	0,42	3хАПВ(1х25) Т32
29	14,6	6	30,08	0,21	3хАПВ(1х6) Т15
30	14,6	6	30,08	0,13	3хАПВ(1х6) Т15
31	14,6	6	30,08	0,06	3хАПВ(1х6) Т15
32	14,6	6	30,08	0,06	3хАПВ(1х6) Т15
33	14,6	6	30,08	0,17	3хАПВ(1х6) Т15
34	14,6	6	30,08	0,28	3хАПВ(1х6) Т15
35	88,9	50	122,2	0,02	3хАПВ(1х50) Т40
36	88,9	50	122,2	0,02	3хАПВ(1х50) Т40
37	33	10	44,18	0,24	3хАПВ(1х10) Т20
38	33	10	44,18	0,17	3хАПВ(1х10) Т20

39	33	10	44,18	0,17	3xАПВ(1x10) T20
40	33	10	44,18	0,22	3xАПВ(1x10) T20

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		34

5. РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

Відповідно до вимог ПУЕ, щодо режиму КЗ, на стійкість до впливу струмів КЗ в електроустановках до 1 кВ повинні перевірятися розподільні щити, струмопроводи та силові шафи.

Для вибору і перевірки стійкості ЕА і струмопровідних частин до струмів КЗ розрахунку підлягають:

- найбільше початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{п(0)}$;
- ударний струм i_y трифазного КЗ.

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

Значення струмів КЗ в електричних мережах напругою до 1 кВ впливають на вибір перерізу дротів і жил кабелів, конструкцію шинопроводів, характеристики комутаційних і захисних апаратів.

Для вибору апаратури і захисту, перевірки селективності їх дій визначають максимальний струм трифазного металевого КЗ, в цьому випадку перехідні опори дуги не враховують[2].

Початкове діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ $I_{к(0)}$ визначається за формулою

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

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

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

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

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

$$i_y = k_y \cdot \sqrt{2}I_{к(0)}, \quad (5.2)$$

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

У [4] допускається приймати значення ударного коефіцієнта $k_y = 1,3$, при КЗ у розподільних пристроях НН ЦТП та в місцях приєднання кабелів і шинопроводів до них і $k_y = 1$ для всіх інших випадків.

Струми КЗ від АД, які безпосередньо приєднані до точки КЗ короткими відгалуженнями, ураховують лише при визначенні ударного струму КЗ і визначають як

$$i_{у.д} = k_{пуск} \cdot \sqrt{2}I_{ном.д.Σ}, \quad (5.3)$$

де $k_{пуск}$ – коефіцієнт пуску;

$I_{ном.д.Σ}$ – номінальний струм одночасно працюючих ЕД.

Результуюче значення ударного струму визначають як суму ударних струмів від енергосистеми і від ЕД за формулою

$$i_y = k_{пуск} \cdot \sqrt{2}I_{ном.д.Σ} + k_y \cdot \sqrt{2}I_{к(0)}, \quad (5.4)$$

Розрахунок струму трифазного КЗ в початковий момент часу і ударний струм в електричній мережі напругою до 1 кВ буде проведений для схеми, яка наведена в **додатку Б**, а схема заміщення приведена в **додатку В**.

Вихідні данні:

Система: $I_{к(0)С} = 6$ кА, $U_{ном. ВН} = 10$ кВ;

Силовий трансформатор: ТМЗ–250/10/0,4;

Автомати:

- QF1 ВА88-40: $I_{ном.а} = 800$ А;
- QF21 ВА88-40: $I_{ном.а} = 800$ А;

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- QF22 BA88-32: $I_{\text{НОМ.а}} = 125 \text{ A}$;
- QF23 BA88-37: $I_{\text{НОМ.а}} = 400 \text{ A}$;
- QF211 BA88-33: $I_{\text{НОМ.а}} = 100 \text{ A}$;
- QF212 BA88-32: $I_{\text{НОМ.а}} = 32 \text{ A}$;
- QF221 BA88-32: $I_{\text{НОМ.а}} = 25 \text{ A}$;
- QF222 BA88-32: $I_{\text{НОМ.а}} = 32 \text{ A}$;
- QF231 BA88-32: $I_{\text{НОМ.а}} = 50 \text{ A}$;
- QF232 BA88-32: $I_{\text{НОМ.а}} = 125 \text{ A}$.

Трансформатори струму :

- ТА1 з коефіцієнтом трансформації 1000/5;
- ТА21 з коефіцієнтом трансформації 500/5;
- ТА22 з коефіцієнтом трансформації 150/5;
- ТА23 з коефіцієнтом трансформації 500/5.

Кабельні лінії і проводи:

- К61: ААШВ-10(3х35) – 300 м;
- К621 : 2хАВВГ-0,4(4х120) – 7,5 м;
- К622 : АВВГ-0,4(4х50) – 20,5 м;
- К623 : 2хАВВГ-0,4(4х95) – 10 м;
- Пр11 : 3хАПВ(1х25) – 2,5 м;
- Пр12 : 3хАПВ(1х6) – 2 м;
- Пр31 : 3хАПВ(1х10) – 6,5 м;
- Пр32 : 3хАПВ(1х50) – 1 м;

Рубильники:

- S1 РБ34: $I_{\text{НОМ.р}} = 400 \text{ A}$;
- S2 РБ31: $I_{\text{НОМ.р}} = 100 \text{ A}$;
- S3 РБ34: $I_{\text{НОМ.р}} = 400 \text{ A}$;

Еквівалентний індуктивний опір джерела X_C , що приведений до ступеня НН, розраховується як

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$X_C = \frac{U_{\text{ном.сер.НН}}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{\text{к(0)С}} \cdot U_{\text{ном.сер.ВН}}}, \quad (5.5)$$

де $U_{\text{ном.сер.НН}}$ – середня номінальна напруга мережі, яка приєднана до обмотки НН;

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

$I_{\text{п(0)С}}$ – діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у виводів обмотки ВН трансформатора.

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

$$R_T = \frac{\Delta P_K \cdot U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}^2} \cdot 10^6, \quad (5.6)$$

$$X_T = \sqrt{u_K^2 + \left(\frac{100\Delta P_K}{S_{\text{ном.Т}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{ном.НН}}^2}{S_{\text{ном.Т}}} \cdot 10^4, \quad (5.7)$$

де ΔP_K – номінальні втрати КЗ у трансформаторі;

$U_{\text{ном.НН}}$ – номінальна напруга обмотки НН трансформатора;

$S_{\text{ном.Т}}$ – номінальна потужність трансформатора.

При обчисленні струмів КЗ урахується сумарний опір у мережах, які живляться від трансформаторів потужність до 1600 кВА включно згідно з такими рекомендаціями [5, 9]:

- на розподільних пристроях НН трансформаторів $R_K = 15$ мОм;
- на первинних цехових РП (СРЩ, ШРА), які живляться від розподільних пристроїв НН ЦТП $R_K = 20$ мОм;
- на затискачах ЕА, які живляться від первинних РП $R_K = 25$ мОм;
- на затискачах ЕА, які встановлено безпосередньо в ЕП $R_K = 30$ мОм.

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів трифазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 5.1 та 5.2 відповідно.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 – Розрахункові параметри схеми заміщення

Елем. схеми заміщення	R, мОм	X, мОм	Елем. схеми заміщення	R, мОм	X, мОм
Система	–	1,5	К623	1,6	0,4
К61	10,2	1,1	S1	0,2	–
T	9,5	27,2	S2	0,5	–
QF1	0,3	0,1	S3	0,2	–
QF21	0,3	0,1	Пр11	9,4	0,2
QF22	2,2	1,2	Пр12	31,3	0,2
QF23	0,7	0,2	Пр31	60,8	0,6
QF211	2,2	1,2	Пр32	1,9	0,1
QF212	8,5	3,6	K1	15	–
QF221	9,2	3,9	K2	20	–
QF222	8,5	3,6	K31	25	–
QF231	7,0	4,5	K32	25	–
QF232	1,7	0,9	K33	25	–
TA1	0,02	0,02	K41	30	–
TA21	0,02	0,02	K42	30	–
TA22	0,33	0,3	K43	30	–
TA23	0,02	0,02	K44	30	–
К621	1,0	0,3	K45	30	–
К622	12,8	1,7	K46	30	–

Таблиця 5.2 – 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 $I_{к(0)}$, кА	Ударний струм i_y , кА
K1	5,05	9,29
K2	4,62	6,54
K31	3,17	5,1
K32	2,66	6,43
K33	3,13	6,61
K41	2,05	2,9
K42	1,64	2,32
K43	1,84	2,6
K44	1,85	2,62
K45	1,37	1,93
K46	2,18	3,09

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.050701.126 ПЗ

Арк.

39

5.2 Розрахунок струмів однофазного КЗ

Однофазні КЗ розраховують для перевірки надійності вимикання лінії у разі пробою ізоляції та появи потенціалу на корпусі ЕП, величина якого небезпечна для життя персоналу. Величина струму має бути мінімально можливою наприкінці ділянки, що захищається, тому що цей струм має бути достатнім для спрацювання захисту у ланцюзі 0,38 кВ [2].

Якщо потужність живильної енергосистеми значна ($X_C = 1,5 \text{ мОм} \leq 0,1X_T = 2,72 \text{ мОм}$), то початкове діюче значення періодичної складової струму однофазного металевого КЗ в електричній мережі наругою до 1 кВ визначають за формулою

$$I_{к(0)}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{пт}}, \quad (5.8)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга мережі;

$Z_{пт}$ – повний опір петлі «фаза-нуль» від трансформатора до точки КЗ;

$Z_T^{(1)}$ – повний опір знижувального трансформатора струмам однофазного КЗ значення якого можливо обчислити як

$$Z_T^{(1)} = \sqrt{(R_{1т} + R_{2т} + R_{0т})^2 + (X_{1т} + X_{2т} + X_{0т})^2}, \quad (5.9)$$

де $R_{1т}$ і $X_{1т}$ – активний та індуктивний опори трансформатора струмам прямої послідовності;

$R_{2т}$ і $X_{2т}$ – активний та індуктивний опори трансформатора струмам зворотної послідовності;

$R_{0т}$ і $X_{0т}$ – активний та індуктивний опори трансформатора струмам нульової послідовності.

Опір петлі «фаза-нуль» для ланцюга з n послідовно з'єднаних ділянок визначається за формулою

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{пт} = \sum_{i=1}^n z_{п.пт.i} \cdot l_i , \quad (5.10)$$

де $z_{п.пт.i}$ – питомий опір петлі «фаза-нуль» кожної наступної ділянки від трансформатора до точки КЗ;

l_i – довжина i -ї ділянки.

Опори контактів шин, апаратів, ТС не враховуються, бо обчислення за формулою (5.8) дає деякий запас для струму.

Розрахунок струму однофазного КЗ в початковий момент часу в електричній мережі напругою до 1 кВ буде проведений для схеми, яка наведена в додатку Б, а схема заміщення приведена в додатку В.

Результати розрахунку параметрів схеми заміщення та струмів однофазного КЗ у початковий момент часу наведено у таблиці 5.3 та 5.4 відповідно.

Таблиця 5.3 – Розрахункові параметри схеми заміщення

Елем. схеми заміщення	$Z_{пт}$, мОм	Елем. схеми заміщення	$Z_{пт}$, мОм
Z_T	86,3	Пр12	24,7
К621	2,3	Пр21	14,3
К622	16,4	Пр22	14,3
К623	3,9	Пр31	48,2
Пр11	7,4	Пр32	4,8

Таблиця 5.4 – Результати розрахунку струмів однофазного КЗ у різних точках електричної мережі до 1 кВ

Точка КЗ	Струм однофазного КЗ $I_{к(0)}^{(1)}$, кА
К1	7,65
К31	7,08
К32	4,87
К33	6,73
К41	5,72
К42	3,94
К43	3,70
К44	3,70
К45	2,72

6. ВИБІР ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ

Даний розділ необхідний для вибору комутаційних та захисних ЕА в електричній мережі до 1 кВ, а саме:

- в шафі вводу НН ЦТП;
- в секційній шафі ЦТП;
- в лінійних шафах ЦТП для усіх живлячих ліній цехової мережі;
- для ділянок розподільної мережі.

Вибір і перевірка всіх ЕА напругою до 1 кВ мають відповідати таким вимогам [2]:

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

$$U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}, \quad (6.1)$$

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

- 2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі

$$I_{\text{ном.ЕА}} \geq I_{\text{ф}}, \quad (6.2)$$

де $I_{\text{ном.ЕА}}$ 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, роду установки і конструктивному виконанню та ін.;
- 4) відповідність параметрам основної функціональної характеристики: комутаційні ЕА або ЕА захисту;

Перевірку вибраних ЕА проводять за їх стійкістю та працездатності при наскрізних струмах КЗ, тому мають виконуватися такі умови:

- 5) струм електродинамічної стійкості ЕА

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$i_{\text{дин}} \geq i_y, \quad (6.3)$$

де i_y – розрахунковий ударний струм;

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

$$I_T^2 \cdot t_T \geq I_K^2 \cdot t, \quad (6.4)$$

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

6.1 Вибір електричних апаратів в електричних мережах напругою до 1 кВ

Для захисту електричних мереж до 1 кВ застосовують автоматичні повітряні вимикачі і плавкі запобіжники.

Автоматичний повітряний вимикач (автомат) - це комутаційний апарат, призначений для автоматичного розмикання електричних ланцюгів при ненормальних режимах (струмах КЗ або перевантаженнях) та нечастих вмиканнях та розмиканнях у нормальних режимах роботи [2].

Номінальна напруга автомата $U_{\text{ном.а}}$ – це вказана в паспорті напруга, яка відповідає напрузі електричної мережі, де цей автомат може застосовуватися.

Номінальний струм автомата $I_{\text{ном.а}}$ – це найбільший струм, при протіканні якого автомат працює протягом тривалого часу без ушкоджень.

Номінальний струм розчеплювача автомата $I_{\text{ном.р}}$ – це струм, який зазначено в паспорті, при протіканні якого протягом тривалого часу не відбувається спрацювання розчеплювача. **Струм уставки розчеплювача** – це найменший струм, при протіканні якого розчеплювач спрацьовує.

Розрахункова схема для вибору ЕА номінальною напругою до 1 кВ в схемі електропостачання цеху наведено в додатку Г.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.1.1 Вибір автоматичних вимикачів вводу та секціонування

Обрана до встановлення в цеху промислового підприємства ЦТП типу 2КТПВ250–10/0,4–УХЛЗ, комплектується шафою введення типу ШНВ-2УЗ [13]. У цій шафі встановлюється автоматичний вимикач *QF1* вводу типу ВА88-40.

Результати вибору автоматичного вимикача вводу наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Каталожні та розрахункові дані автомата вводу *QF1*

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА88-40	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.а}} = 800 \text{ А}$	$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} = 1,4 \cdot 360 = 505 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.р}} = 630 \text{ А}$	$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} = 1,4 \cdot 360 = 505 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 800 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 630 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{с.п}} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$I_{\text{с.п}} = 1,25 \cdot I_{\text{ном.р}} = 1,25 \cdot 630 = 800 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 505 = 556 \text{ А}$
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{\text{с.в}} \geq 10 \cdot I_{\text{ном.т}}$	$I_{\text{с.в}} = 6000 \text{ А}$	$10 \cdot I_{\text{ном.т}} = 10 \cdot 360 = 3600 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.0}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 35 \text{ кА}$	$I_{\text{п.0}} = I_{\text{к1}}^{(3)} = 5,05 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{\text{с.в}}$	$I_{\text{к1}}^{(1)} = 7,65 \text{ кА}$	$1,25 \cdot I_{\text{с.в}} = 1,25 \cdot 6 = 7,5 \text{ кА}$

Остаточню вибираємо до встановлення в ШНВ-2УЗ автоматичний вимикач вводу ВА88-40.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

У шафі АВР із подвійним секціонуванням встановлюється секційний автоматичний вимикач *QF2* типу ВА88-37.

Результати вибору автоматичного вимикача наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Каталожні та розрахункові дані секційного автомата *QF2*

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА88-37	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.а}} = 400 \text{ А}$	$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} = 0,7 \cdot 360 = 252 \text{ А}$
За номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{ном.р}} \geq I_{\phi}$	$I_{\text{ном.р}} = 315 \text{ А}$	$I_{\phi} = K_{\text{рез}} \cdot I_{\text{ном.т}} = 0,7 \cdot 360 = 252 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 400 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 315 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{с.п}} \geq 1,1 \cdot I_{\phi}$	$I_{\text{с.п}} = 1,25 \cdot I_{\text{ном.р}} = 1,25 \cdot 315 = 400 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_{\phi} = 1,1 \cdot 252 = 277 \text{ А}$
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{\text{с.в}} \geq 10 \cdot I_{\text{ном.т}}$	$I_{\text{с.в}} = 3150 \text{ А}$	$10 \cdot I_{\text{ном.т}} = 10 \cdot 252 = 2520 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.0}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 35 \text{ кА}$	$I_{\text{п.0}} = I_{\text{к1}}^{(3)} = 4,62 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{\text{с.в}}$	$I_{\text{к1}}^{(1)} = 7,65 \text{ кА}$	$1,25 \cdot I_{\text{с.в}} = 1,25 \cdot 6 = 4 \text{ кА}$

Остаточню вибіраємо до встановлення в шафу АВР із подвійним резервуванням секційний автоматичний вимикач ВА88-37.

6.1.2 Вибір лінійних автоматичних вимикачів

Обрана до встановлення КТП комплектується чотирма шафами відхідних ліній ШНЛ-8УЗ. Вони комплектуються лінійними автоматичними вимикачами серії ВА-88 на різну величину номінального струму. Для ШНЛ яка живить СРШ1 обираємо до встановлення автоматичний вимикач *QF21* типу ВА88-40.

Результати вибору лінійного автоматичного вимикача *QF21* та лінійних автоматичних вимикачів *QF22–QF26* наведено у таблиці 6.3 та 6.4 відповідно.

Таблиця 6.3 – Каталожні та розрахункові дані автомата *QF21*

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА88-40	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{ном.а}} = 800 \text{ А}$	$I_{\text{р.2}} = 325 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}} \geq I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{ном.т.р}} = 400 \text{ А}$	$I_{\text{р.2}} = 325 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 800 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 400 \text{ А}$
За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{у.т.р}} = 1,25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1,25 \cdot 400 = 500 \text{ А}$	$1,1 \cdot I_{\text{р.2}} = 1,1 \cdot 325 = 357 \text{ А}$
За умовою відбудови від пікових струмів $I_{\text{у.е.р}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пік}}$	$I_{\text{у.е.р}} = 4000 \text{ А}$	$1,25 \cdot I_{\text{пік}} = 1,25 \cdot 348 = 435 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{\text{ном.в.а}} \geq I_{\text{п.0}} = I_{\text{к}}^{(3)}$	$I_{\text{ном.в.а}} = 35 \text{ кА}$	$I_{\text{п.0}} = I_{\text{к2}}^{(3)} = 4,62 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_{\text{к}}^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{\text{у.е.р}}$	$I_{\text{к31}}^{(1)} = 7,08 \text{ кА}$	$1,25 \cdot I_{\text{у.е.р}} = 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ кА}$

Остаточно вибираємо до встановлення лінійний автоматичний вимикач *QF21* типу ВА88-40.

Таблиця 6.4 – Результати вибору лінійних автоматів *QF22–QF26*

Живильна лінія	Позначення на схемі	Тип автомата	$U_{\text{ном.а}}$, В	$I_{\text{ном.а}}$, А	$I_{\text{ном.т.р}}$, А	$I_{\text{у.т.р}}$, А	$I_{\text{у.е.р}}$, А	$I_{\text{ном.в.а}}$, кА
До СРШ2	<i>QF23</i>	ВА88-37	400	400	315	400	3150	35
До ШРА	<i>QF22</i>	ВА88-32	400	100	80	100	800	17,5
До ЩРО	<i>QF24</i>	ВА88-32	400	40	32	40	500	17,5
До ЩАО	<i>QF25</i>	ВА88-32	400	16	12,5	16	500	17,5
До ККУ	<i>QF26</i>	ВА88-32	400	63	50	63	500	17,5

6.1.3 Вибір автоматичних вимикачів до ЕП

У СРШ2, типу СПА77-7 встановлено автоматичний вимикач *QF232* типу ВА88-32, який захищає лінію до ЕП №35.

Результати вибору автоматичного вимикача для ЕП №35 та автоматів інших груп ЕП наведено у таблиці 6.5 та 6.6 відповідно.

Таблиця 6.5 – Каталогні та розрахункові дані автомата *QF232*

Умови вибору	Каталожні дані автомата ВА88-32	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.а}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.а}} = 400 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом автомата $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.д}}$	$I_{\text{ном.а}} = 125 \text{ А}$	$I_{\text{ном.д}} = 89 \text{ А}$
За номінальним струмом теплового розчеплювача $I_{\text{ном.т.р}} \geq I_{\text{ном.д}}$	$I_{\text{ном.т.р}} = 100 \text{ А}$	$I_{\text{ном.д}} = 89 \text{ А}$
За номінальним струмом автомата та розчеплювача $I_{\text{ном.а}} \geq I_{\text{ном.р}}$	$I_{\text{ном.а}} = 125 \text{ А}$	$I_{\text{ном.р}} = 100 \text{ А}$
За струмом уставки теплового розчеплювача $I_{\text{у.т.р}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{ном.д}}$	$I_{\text{у.т.р}} = 1,25 \cdot I_{\text{ном.т.р}} = 1,25 \cdot 100 = 125 \text{ А}$	$1,25 \cdot I_{\text{ном.д}} = 1,25 \cdot 89 = 111 \text{ А}$

Продовження таблиці 6.5

За умовою відбудови від пікових струмів $I_{y.e.p} \geq 1,25 \cdot I_{пуск}$	$I_{y.e.p} = 1250 \text{ А}$	$1,25 \cdot I_{пуск} =$ $= 1,25 \cdot 444 = 555 \text{ А}$
За номінальним струмом вимикання автомата $I_{ном.в.а} \geq I_{п.0} = I_k^{(3)}$	$I_{ном.в.а} = 17,5 \text{ кА}$	$I_{п.0} = I_{к46}^{(3)} =$ $= 2,18 \text{ кА}$
За умовою чутливості $I_k^{(1)} \geq 1,25 \cdot I_{y.e.p}$	$I_{к46}^{(1)} = 5,87 \text{ кА}$	$1,25 \cdot I_{y.e.p} =$ $= 1,25 \cdot 4 = 5 \text{ кА}$

Остаточню вибираємо до встановлення автоматичний вимикач *QF232* типу ВА88-32.

Таблиця 6.6 – Результати вибору автоматів для різних груп ЕП

Живильна лінія	Позначення на схемі	Тип автомата	$U_{ном.а},$ В	$I_{ном.а},$ А	$I_{ном.т.р},$ А	$I_{у.т.р},$ А	$I_{y.e.p},$ А	$I_{ном.в.а},$ кА
До ЕП №1-11	<i>QF221</i>	ВА88-32	400	25	16	25	500	17,5
До ЕП №12-22	<i>QF222</i>	ВА88-32	400	32	25	32	500	17,5
До ЕП №23-28	<i>QF211</i>	ВА88-32	400	100	80	100	800	17,5
До ЕП №29-34	<i>QF212</i>	ВА88-32	400	32	25	32	500	17,5
До ЕП №37-40	<i>QF231</i>	ВА88-32	400	50	40	50	500	17,5

6.1.4 Вибір рубильників

На ввіді до СРШ2 встановлено рубильник *S3* типу РБ34. Результати вибору рубильника для СРШ2 та рубильників для інших ПРЕ наведено у таблиці 6.7 та 6.8 відповідно.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Таблиця 6.7 – Каталогні та розрахункові дані рубильника S3

Умови вибору	Каталожні дані рубильника РБ34	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.руб}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.руб}} = 660 \text{ В}$	$U_{\text{ном.м}} = 380 \text{ В}$
За номінальним струмом рубильника $I_{\text{ном.руб}} \geq I_{\text{р.2}}$	$I_{\text{ном.руб}} = 400 \text{ А}$	$I_{\text{р.2}} = 285 \text{ А}$
За струмом електродинамічної стійкості $i_{\text{дин}} \geq i_{\text{у}}$	$i_{\text{дин}} = 30 \text{ кА}$	$i_{\text{у}} = 6,61 \text{ кА}$
За термічною стійкістю $I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} \geq I_{\text{к}}^2 t_{\text{т}}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} = 144 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{\text{к33}}^2 t_{\text{т}} = 3,13^2 \cdot 1 = 9,8 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Остаточно вибираємо до встановлення рубильник S3 типу РБ34.

Таблиця 6.8 – Результати вибору рубильників для різних ПРЕ

ПРЕ	Позначення на схемі	Тип	$U_{\text{ном.руб}}, \text{ В}$	$I_{\text{ном.руб}}, \text{ А}$	$i_{\text{дин}}, \text{ А}$	$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}}, \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$
СРШ1	S1	РБ34	660	400	30	144
ШРА	S2	РБ31	660	100	10	16

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

Переріз проводів і кабелів, які вибиралися за нагріванням допустимим тривалим струмом з урахуванням умов прокладення та відхилення параметрів навколишнього середовища від стандартних умов $I'_{\text{доп}}$, перевіряють за умовою узгодження відповідності вибраним апаратам захисту за формулою

$$I'_{\text{доп}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{зах}}, \quad (6.5)$$

де $K_{\text{зах}}$ – нормована ПУЕ кратність допустимого струмового навантаження на провідники щодо параметрів захисних апаратів;

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

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При невиконанні умов узгодження вибраного перерізу провідників відповідності вибраним апаратам захисту вибирається нове найближче більше значення стандартного перерізу за допустимим тривалим струмом.

Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з ЕА захисту наведено у таблиці 6.9

Таблиця 6.9 – Результати узгодження перерізу кабелів живильної мережі з ЕА захисту

Живильна лінія	Вибраний переріз кабелю, мм ²	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{ном.т.р}}, \text{А}$	Остаточний вибраний кабель	$I_{\text{доп}}, \text{А}$
До СРШ 1	120	345,90	400	2хАВВГ-0,4 (4х150)	412
До СРШ 2	95	294,00	315	2хАВВГ-0,4 (4х120)	346
До ШРА	50	78,80	80	АВВГ-0,4 (4х70)	121
До ЩРО	10	36,30	32	АВВГ-0,4 (4х10)	–
До ЩАО	2,5	16,40	12,5	АВВГ-0,4 (4х2,5)	–
До ККУ	16	56,40	50	АВВГ-0,4 (3х16)	–

Для розподільної мережі аналогічно узгоджуємо перерізи проводів

Таблиця 6.10 – Результати узгодження перерізу проводів розподільної мережі з ЕА захисту

Живильна лінія	Вибраний переріз кабелю, мм ²	$I_{\text{доп}}, \text{А}$	$K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{ном.т.р}}, \text{А}$	Остаточний вибраний кабель	$I_{\text{доп}}, \text{А}$
До ЕП №23-28	25	75,2	80	3хАПВ(1х35) Т32	89,3
До ЕП №29-34	6	30,1	25	3хАПВ(1х6) Т15	–
До ЕП №35-36	50	122,2	100	3хАПВ(1х50) Т40	–
До ЕП №37-40	10	44,2	40	3хАПВ(1х10) Т20	–

Також остаточно вибираємо шинопровід за формулою (4.11). Результат розрахунку ударного струму в точці К32 дорівнює $i_{y,p} = 6,43$ кА, а струм динамічної стійкості обраного ШРА дорівнює $i_{y,доп} = 15$ кА. Отже умова електродинамічної стійкості виконується.

Результати остаточного вибору шинопроводу наведено в таблиці 4.3

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

При проведенні робіт на КТП та кабельних лініях на людину діє цілий комплекс небезпечних і шкідливих виробничих чинників:

- підвищене значення напруги в електричному колі;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена або знижена температура повітря;
- підвищена вологість повітря;
- травмування об виступаючі елементи конструкцій КТП, а також гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги, покриття).

Для захисту від впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів необхідно застосовувати відповідні засоби захисту.

Для захисту від ураження електричним струмом прийняті наступні захисні засоби:

- покажчики напруги;
- слюсарно-монтажний інструмент з ізолюючими рукоятками для роботи в електроустановках напругою до 1000 В;
- діелектричні рукавички, боти, калоші, килимки, ізолюючі накладки і підставки;
- переносні заземлення;
- огорожувальні пристрої, діелектричні ковпаки, плакати і знаки безпеки.

При виконанні робіт із застосуванням ізолюючих засобів захисту (ізолюючих штанг, кліщів, покажчиків напруги і ін.) необхідно:

- користуватися тільки сухими і чистими ізолюючими частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям;

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

- тримати ізолювальні частини засобів захисту за рукоятки до обмежувального кільця;
- розміщувати ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмоведучими частинами двох фаз чи замикання на землю.

При роботі на висоті більше 1,3 м над рівнем землі, підлоги, площадки застосовують запобіжний пояс.

Для захисту голови від ударів випадковими предметами працівники носять захисну каску.

Працівники, що виконують роботи по монтажу і обслуговуванню КТП, кабельних ліній, забезпечуються потрібним одягом, заборонено працювати в одязі з короткими або засуканими рукавами, а також користуватися ножівками, напилками, металевими метрами тощо.

При недостатньому освітленні робочої зони застосовують додаткове місцеве освітлення. Будуть застосовуватися переносні світильники тільки заводського виготовлення. У ручного переносного світильника буде металева сітка, гачок для підвіски і шланговий провід з вилкою.

Роботу при низькій температурі будуть виконувати в спецодязі на утепленій прокладці і чергувати за часом перебування в приміщенні, що обігрівається.

Всі струмоведучі частини будуть ізолювані і надійно захищені від випадкового дотику до них. Провідники й кабелі прокладені згідно з ПУЕ, яке виключає їх механічне або хімічне пошкодження. Устаткування яке працює на підвищеній напрузі огорожено захисною сіткою й виключає потрапляння всередину сторонніх осіб. Так само застосовуються всілякі блокування, які знеструмлюють установки при відкриванні дверей.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

ВИСНОВОК

У представленому дипломному проекті спроектована і розрахована система електропостачання механічного цеху, який спеціалізується на виробництві різного роду будівельних кріплень та металевих виробів.

Були проведені розрахунки, на основі яких було обрано оптимальне електричне устаткування, з запропонованого в каталогах заводів виробників. Була підтверджена працездатність СЕП в нормальних, форсованих і аварійних режимах.

При цьому було виконано умову: ЕП і ЕА вибиралися з номенклатури сучасного електроустаткування, а розрахунки виконувалися по сучасним методикам.

Розрахунки показали, що система електропостачання цеху зможе забезпечити споживачів електричною енергією відповідної якості і у необхідній кількості.

Отже, можна зробити висновок, що спроектована схема електропостачання відповідає вимогам ПУЕ та ГОСТів і здатна забезпечити надійне та безперебійне постачання електричною енергією даний механічний цех.

У ході виконання бакалаврської роботи був набутий необхідний досвід та навички в проектуванні систем електропостачання цеху промислових підприємств.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Калюжний Д.М. Конспект лекцій з курсу «Електропостачання та електрозбереження» для студентів 4 курсу денної та заочної форм навчання за напрямом підготовки 6.050701 – Електротехніка та електротехнології — Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. – 124с.
- 2) Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2007. – 280 с.
- 3) Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4–92 / / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – 1992. – №7–8. – С. 4–28.
- 4) Василега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга» , 2008. – 415 с.
- 5) Справочник по проектированию электроснабжения / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.
- 6) Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 464 с.
- 7) Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.
- 8) Маліновський А.А., Хохулін Б.К. Основи електропостачання: Навч. посіб. – Л.: Вид-во Національного ун-ту «Львівська політехніка», 2005. – 324 с.
- 9) Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 368 с.

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

- 10) Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 208 с.
- 11) Коновалова Л.Л., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учеб. пособ. для техникумов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
- 12) Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий: Учеб. для студ. вузов по спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок». – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 400 с.
- 13) www.ukrelektroservis.com.ua

					<i>БР 3.6.050701.126 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Додаток А

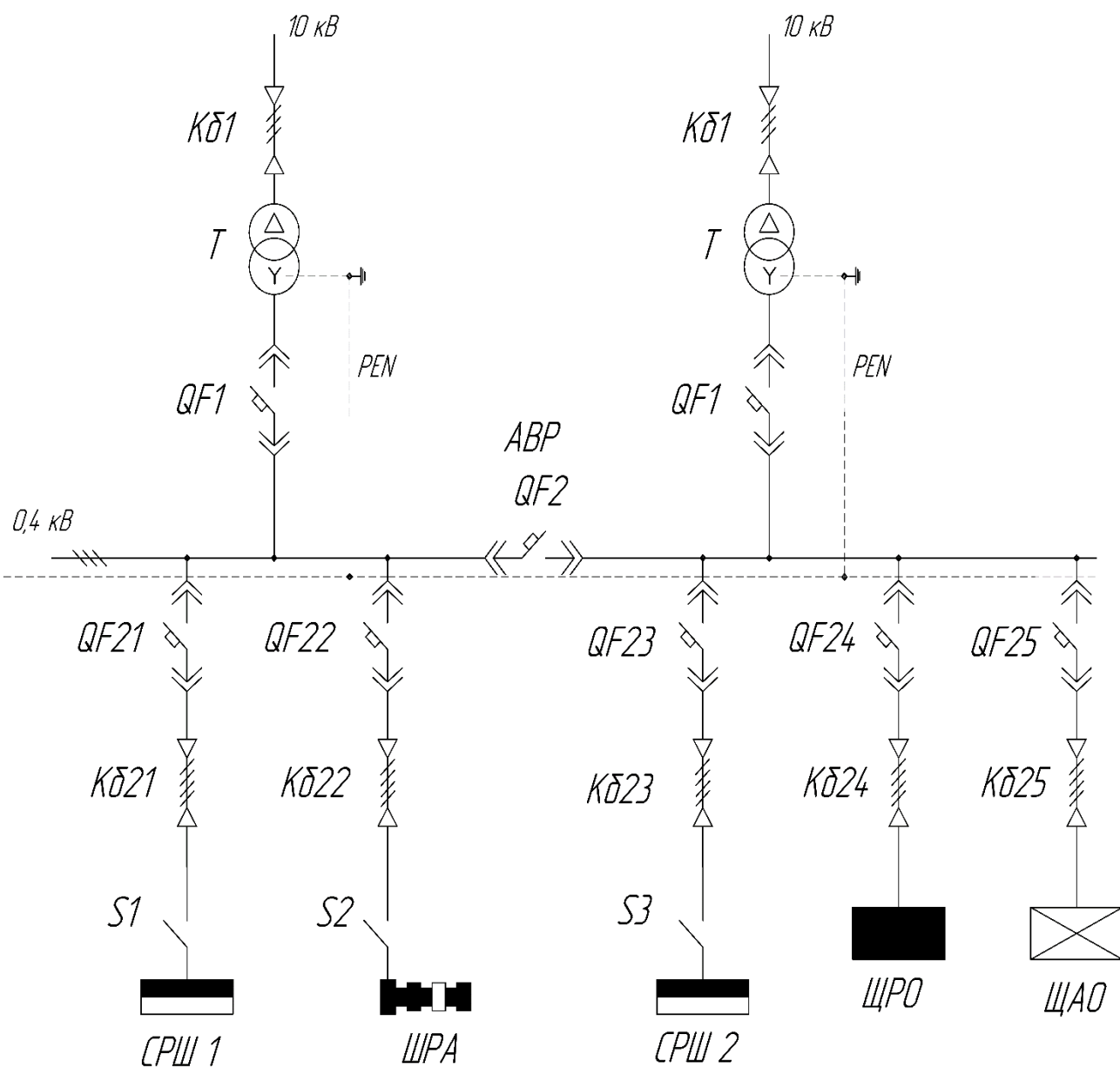


Рисунок А – Схема живлення електроприймачів цеху промислового підприємства

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.050701.126 ПЗ

Арк.

57

Додаток Б

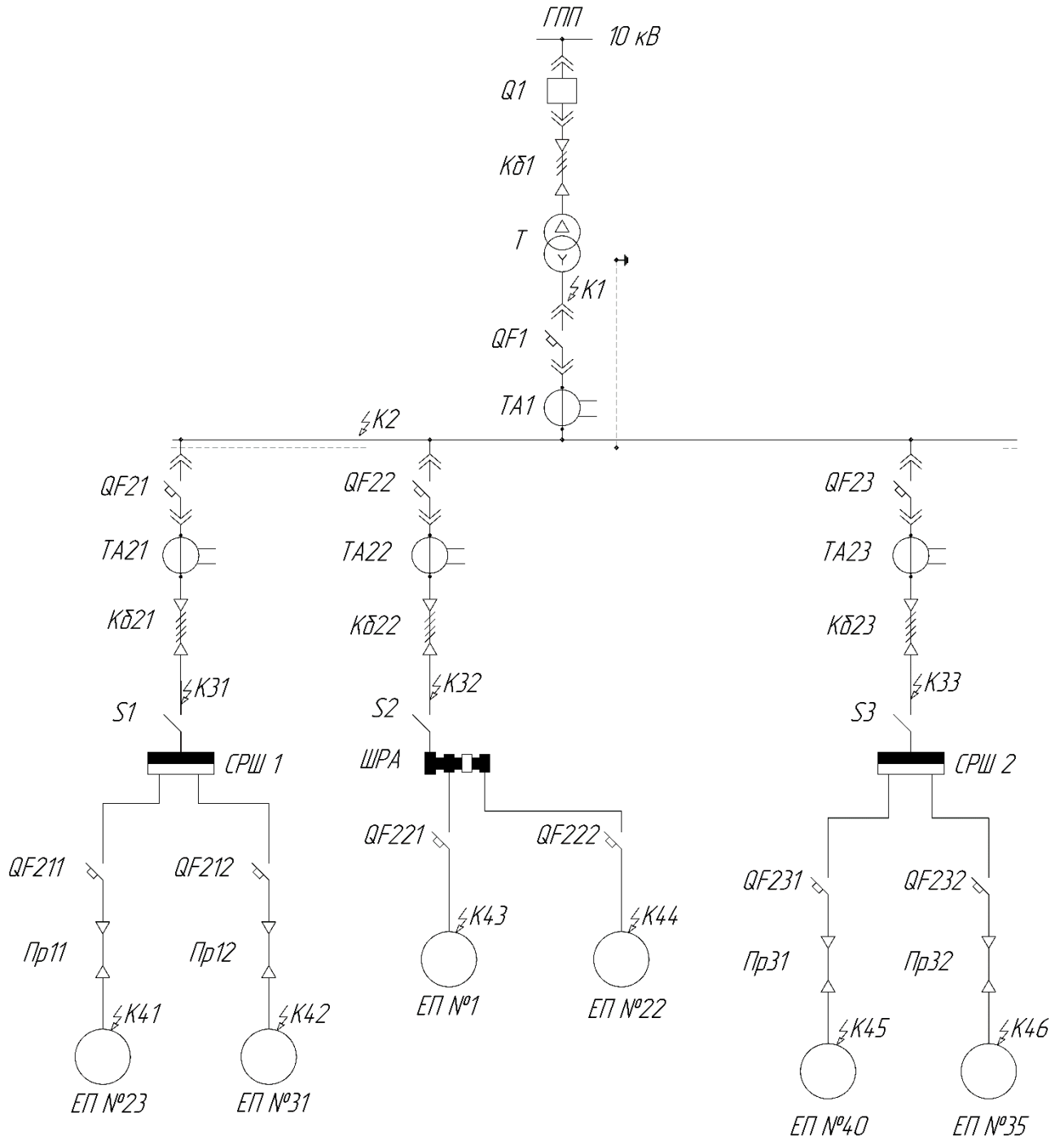


Рисунок Б – Розрахункова схема для розрахунку струмів трифазного КЗ

					БР 3.6.050701.126 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В

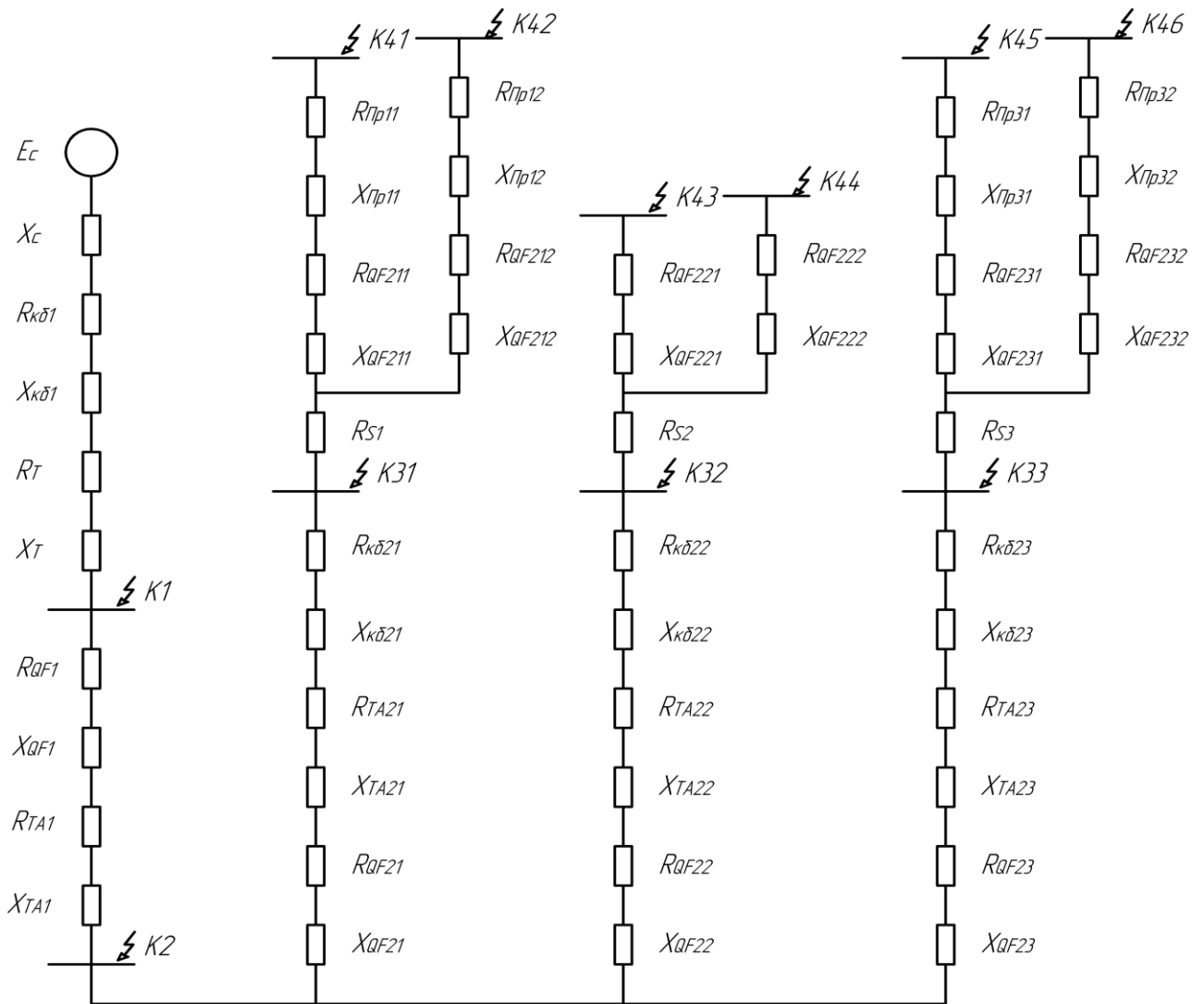


Рисунок В.1 – Схема заміння для розрахунку струмів трифазного КЗ

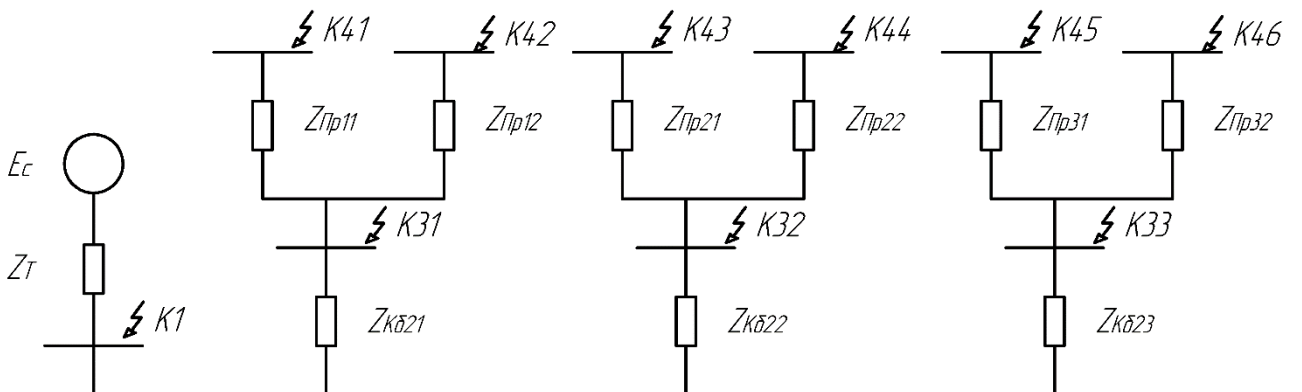


Рисунок В.2 – Схема заміння для розрахунку струмів однофазного КЗ

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР 3.6.050701.126 ПЗ

Додаток Г

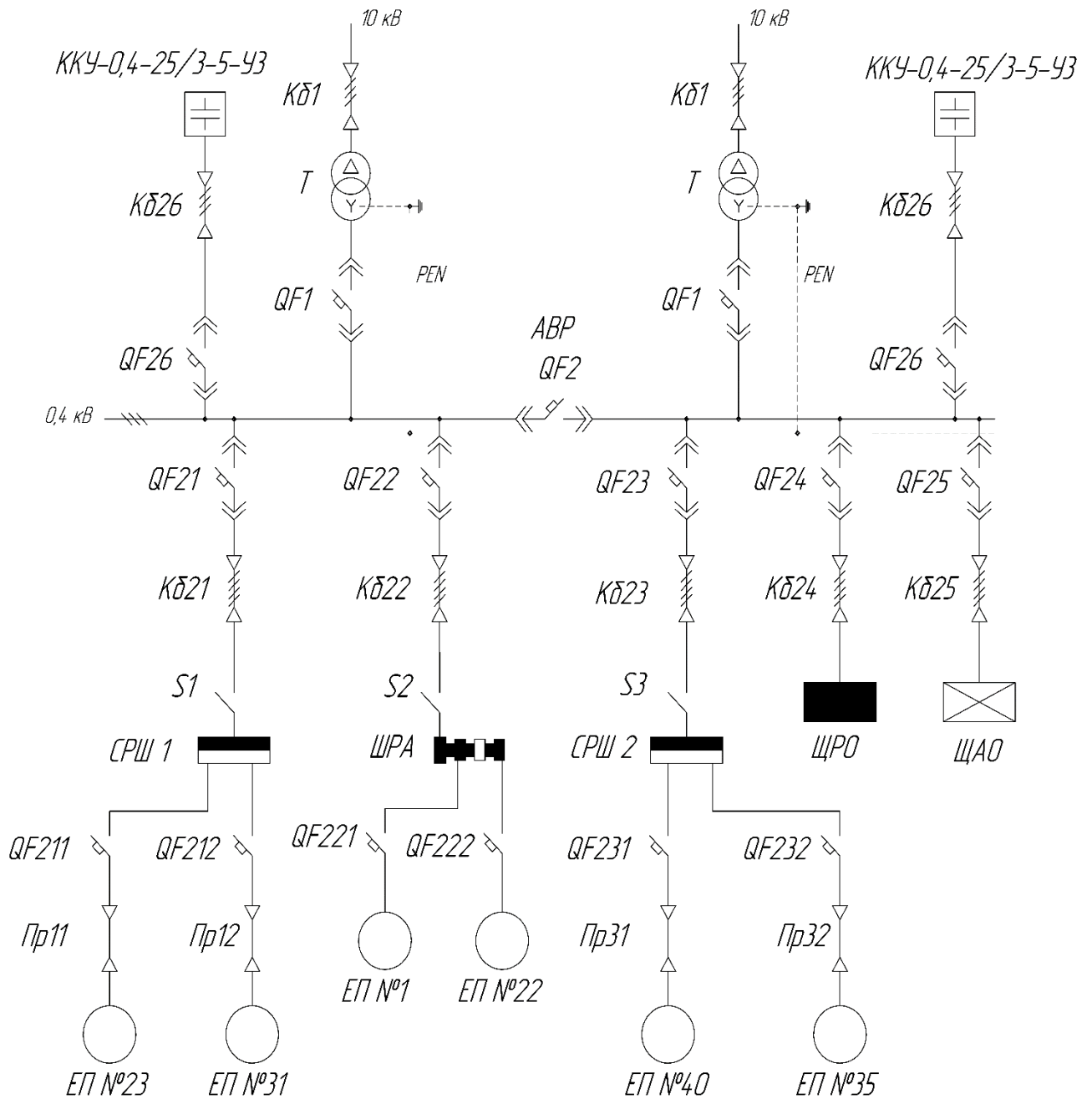


Рисунок Г – Розрахункова схема для вибору ЕА у характерних місцях
схеми внутрішнього електропостачання

					БР 3.6.050701.126 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60