

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТА

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

_____ Захарченко В.П.

«__» _____ 2021р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 141 «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»

Тема: «Система електропостачання авіаційного підприємства»

Виконавець: _____ Слебезюк Єлизавета Сергіївна
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: _____ к.т.н., доцент Козлов В.А.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Нормоконтролер: _____ Ільєнко С.С.
(підпис) (ПІБ)

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аерокосмічний

Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(Шрифт, найменування)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П.Захарченко

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Слебезюк Єлизавети Сергіївни

(ПІБ випускника)

1. Тема роботи (проекту) «Система електропостачання авіаційного підприємства» затверджена наказом ректора від «05» квітня 2021 р. № 558/ст.
2. Термін виконання роботи (проекту): з 18.05.2021 р. по 21.06.2021 р.
3. Вихідні дані до проекту: план розміщення будівель, трансформаторних підстанцій, встановлена потужність електроспоживачів авіаційного заводу; категорії надійності електропостачання цехів авіаційного заводу.
4. Зміст пояснювальної записки: Планування систем електропостачання авіаційного підприємства.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: Генеральний план авіаційного заводу. Схема системи електропостачання авіаційного заводу. Розрахункова схема РП 10 кВ і 35 кВ. Компонівка РП-10 кВ.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Підпис керівника
1.	Вивчення інформаційних джерел	18.04 – 23.04.21	
2.	Збір інформації, аналіз класичних систем електропостачання типових промислових підприємств та обробка технічного матеріалу	23.04 – 02.05.21	
3.	Робота над розділом №1	03.05 – 15.05.21	
4.	Робота над розділом №2	15.05 – 30.05.21	
5.	Розробка та оформлення обов'язкового ілюстрованого матеріалу	15.05 – 15.06.21	
6.	Перевірка роботи на добросовісність. Підготовка до захисту	Після передзахисту	

7. Дата видачі завдання: «18» травня 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

(Підпис керівника) Козлов В.Д.
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис випускника) Слебезюк Є.С.
(ПІБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту «Система електропостачання авіаційного підприємства» 65 с., 16 рис., 11 табл., 12 використаних джерел.

**СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, АВІАЦІЙНИЙ ЗАВОД,
ПРОМИСЛОВЕ ПІДПРИЄМСТВО.**

Об'єкт дослідження: система електропостачання комплексу цехів авіаційного підприємства.

Предмет дослідження: процеси постачання електроенергії авіаційного підприємства.

Мета проекту: комплексна розробка систем електропостачання авіаційного підприємства.

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані у навчальному процесі, рекомендовані до впровадження результатів в роботу систем електропостачання підприємств промислового призначення.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
ВХІДНІ ДАННІ	10
РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ	12
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВІАЦІЙНОГО ЗАВОДУ	12
1.1.Визначення розрахункових навантажень цехів та промислового підприємства	12
1.2.Визначення центра електричних навантажень та місця розташування головної понижувальної підстанції.	18
1.3. Вибір кількості та потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції	20
1.4. Вибір кількості та потужності трансформаторів цеховик трансформаторних підстанцій.	23
1.5. Вибір потужності компенсувальних пристроїв у системі електропостачання промислового підприємства.	26
1.6.Розроблення схеми електропостачання підприємства.	29
1.7 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричних мережах напругою понад 1 кВ	32
1.8 Вибір перерізу провідників і електричних апаратів в електричній мережі напругою 10 кВ.	43
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА І КОМПОНОВКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ЦРП	50
2.1. Розробка структурної схеми електричної частини ТП.	50
2.2.Розрахунок струмів у РП-10 кВ.	51
2.3.Компоновка високовольтного РП-10 кВ.	53
2.4. Компонування РП-35 кВ.	55
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	59
ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	59

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АВР – автоматичне вмикання резерву
ВКУ – високовольтна конденсаторна установка
ВН – висока напруга
ЦРП – центральна розподільча підстанція
ДЖ – джерело живлення
ДРЛ – дугова ртутна лампа
ЕА – електричний апарат
ЕД – електродвигун
ЕП – електроприймач
ЕРС – електрорушійна сила
ЕУ – електроустановка
ЗШ – збірна шина
КЗ – коротке замикання
ККД – коефіцієнт корисної дії
ККУ – комплектна конденсаторна установка
КЛ – кабельна лінія
КП – компенсувальний пристрій
КРП – комплектний розподільний пристрій
КТП – комплектна трансформаторна підстанція
ЛЛ – люмінесцентні лампи
НКУ – низьковольтна конденсаторна установка
НН – низька напруга
ПЛ – повітряна лінія
ПС – підстанція
ПУЕ – правила улаштування електроустаново
РЗ – релейний захист
РП – розподільний пункт
РПН – регулювання під напругою
СД – синхронний двигун
СЕП – система електропостачання

ТВП – трансформатор власних потреб

ТН – трансформатор напруги

ТП – трансформаторна підстанція

ТС – трансформатор струму

ТСНП – трансформатор струму нульової послідовності

ЦЕН – центр електричних навантажень

ШВВ – шафа високовольтного вводу

ШНВ – шафа низьковольтна ввідна

ШНВ – шафа низьковольтної лінії

ШНС – шафа низьковольтна секційна

ЯЕ – якість електроенергії

ВСТУП

Завдання енергозабезпечення промислових підприємств виникло одночасно із широким впровадженням електропривода як рушійної сили різних машин і механізмів та будівництва електростанцій. Системи електропостачання промислових підприємств призначені для забезпечення живлення електроенергією технологічних приймачів, до яких вони належать електродвигуни різних машин і механізмів, електропечі, електролізні установки, апарати та машини для електрозварювання, світлотехнічне обладнання тощо.

З розвитком споживання електроенергії перенасичуються системи електропостачання підприємств. Виникає необхідність запровадити автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств, провести масштабне планування виробничих процесів за допомогою телесигналізації та дистанційного керування, активно працювати над економією електроенергії. Крім того, все більше і більше підприємств громадського харчування особливо в агропромисловому комплексі використовуються нетрадиційні та відновлювані джерела енергії, які потребують певних технічних та технологічних умови погодження з енергетичною системою.

Важливою особливістю енергопостачання є неможливість накопичення основного використовуваного продукту електроенергії. Вся отримана електроенергія споживається негайно. Точна та негайна реакція системи необхідна у разі непередбачених коливань навантаження управління, що компенсує виниклий дефіцит.

СЕП великого підприємства характеризується наявністю глибоких внутрішніх зв'язків, що не дозволяють поділити системний, комплексний підхід, що враховує взаємодію факторів та їх динаміку. Під впливом різних несправностей стан системи постійно змінюється.

Головною проблемою найближчим часом стане створення раціональних систем електропостачання промислових підприємств, тому що:

1) вибір та застосування раціональної кількості перетворень. Застосування раціональних систем електропостачання на промислових підприємствах дозволить скоротити кількість перетворень до двох-трьох. В цьому випадку

енергозбереження становитиме щонайменше 10-15% від усіх витрати (споживання) промислового підприємства.

2) підбір і застосування раціональних напруг. Застосування раціональних напруг в системах електропостачання промислових підприємств забезпечує значну економію втрат електроенергії. Нераціональні рішення в цьому відношенні призводять до роботи систем електропостачання, в яких втрати електроенергії сягають 35-40%.

3) правильний вибір місця розташування цехів та основних розподільчих (знижувальних) підстанцій. Розташування електростанцій повинно забезпечувати щонайменше щорічні зменшення витрати у відповідних центрах навантаження електроенергії. Будь-який зсув підстанції від центру електричного навантаження призводить до збільшення цих витрат та збільшення споживання електрики.

4) вдосконалення методики визначення електричних навантажень. Правильне визначення очікуваного навантаження сприяє вирішенню загальної проблеми оптимізації побудови внутрішніх енергетичних систем підприємства.

5) раціональний вибір кількості та потужності трансформаторів, а також схем електроживлення та їх параметрів, що призводять до зменшення втрати електроенергії, підвищення надійності та сприяє реалізації загального завдання оптимізації побудови систем електропостачання;

б) принципово нове формулювання для вирішення таких завдань, як: наприклад, балансування електричних навантажень.

Як правило, напруга тримається близько номінальної завдяки регулюванню напруги різними допоміжними пристроями. При цьому особливо актуально в умовах глибокого регулювання напруги мають місце подальші втрати електроенергії. У таких випадках ефективніше застосовувати збільшення номінальної напруги, що набагато вигідніше.

На додаток до вищезазначених положень, загальне завдання оптимізації промислових систем електропостачання також включає раціональні рішення для вибору перетинів проводів і жили кабелю, методи компенсації реактивної потужності, автоматизацію, диспетчеризації тощо.

ВХІДНІ ДАННІ

Таблиця 1- Вхідні данні цехів

Назва цеху	Цех виробництва кригл	Цех виробництва фезюляжа	Механічно-складальний цех	Інструментальний цех	Цех дрібних серій	Ремонтно-механічний цех	Компресорна станція
Категорії надійності електроприймачів	2 і 3	2 і 3	2	3	2	3	1 і 2
Установлена потужність $P_{уст}$, кВт	6800	6600	6100	5100	5300	6500	1500
Коефіцієнти попиту $K_{п}$, в.о.	0,18	0,17	0,12	0,13	0,11	0,14	0,14
Коефіцієнт потужності $\cos \phi$ в.о.	0,68	0,62	0,67	0,63	0,62	0,68	0,64
Спосіб виконання загального освітлення окремих цехів	1	2	3	1	2	3	1

Примітки:

1. Лампи розжарювання ($\cos \phi = 1$).
2. Люмінесцентні лампи низького тиску ($\cos \phi = 0,95$).
3. Дугові ртутні лампи високого тиску ($\cos \phi = 0,5$).

Таблиця 2 – Дані електродвигунів компресорної станції

$U_{ном}$, кВ	$P_{ном}$, кВт	n , об/хв	Тип	N , шт.
10	800	750	СДН-2-16-36-8	6

Таблиця 3 – Тривалість перевантаження трансформатора головної понижувальної підстанції в післяаварійному режимі і відношення літнього розрахункового навантаження до зимового

Тривалість перевантаження, год	Відношення літнього розрахункового навантаження до зимового, в.о
6	0,80

Примітка. Температуру охолодного повітря для м. Київ прийняти: зиму – «0 °С», літню – «+20 °С».

Таблиця 4- Напряга джерела живлення, номінальна напряга електричної мережі внутрішньозаводського електропостачання, схема приєднання головної понижувальної підстанції, величина початкового струму трифазного короткого замикання від системи на стороні високої напряги підстанції і напряга системи в максимальному режимі, кількість годин використання максимуму навантаження за рік

$U_{\text{жив}}$, кВ	$U_{\text{ном.м}}$, кВ	Схемаприєднанн я	$I_{\text{п0.с.макс}}$, кА	$U_{\text{с.макс}}$, кВ	$T_{\text{макс}}$, год
35	10	Відгалужувальна	11,0	34,0	1500

[1, с. 8-18].

РОЗДІЛ 1. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВІАЦІЙНОГО ЗАВОДУ

1.1. Визначення розрахункових навантажень цехів та промислового підприємства.

Визначення розрахункового силового навантаження цехів:

Розрахункове силове активне навантаження для окремого цеху при напрузі 0,38/0,22 кВ визначається за формулою

$$P_{p.c.i} = K_{п.i} P_{уст.i}, \text{ кВт}, \quad (1.1)$$

де $K_{п.i}$ – коефіцієнт попиту i -го цеху, в. о (таблиця В.3[1]);

$P_{уст.i}$ – установлена активна потужність i -го цеху, кВт (таблиця В.2 [1]).

Розрахункове силове реактивне навантаження i -го цеху визначається як

$$Q_{p.c.i} = P_{p.c.i} \operatorname{tg} \varphi_i, \text{ квар}, \quad (1.2)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_i$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_i$ i -го цеху.

Розрахункове силове повне навантаження i -го цеху визначається так:

$$S_{p.c.i} = \sqrt{P_{p.c.i}^2 + Q_{p.c.i}^2}, \text{ кВА}. \quad (1.3)$$

За формулами (1.1)–(1.3) визначаються розрахункові силові активне, реактивне та повне навантаження кожного цеху підприємства.[6, с. 22]

Так, для цеху виробництва крил формулами (1.1)–(1.3) відповідно

$$P_{p.c.1} = 0,18 \cdot 6800 = 936 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.c.1} = 936 \cdot 1,08 = 1011 \text{ квар},$$

$$S_{p.c.1} = \sqrt{936^2 + 1011^2} = 1377,8 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків для інших цехів наводяться в таблиці 1.1.

Кафедра АЕМ				НАУ 21.02.22.000 ПЗ			
Розробив	Слебезюк Є.С.			ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АВІАЦІЙНОГО ЗАВОДУ	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Козлов В. Д.					12	
Консультант					141 ЕС-411Б		
Нормоконтр	Козлов В.Д.						
Завідув. каф.	Захарченко В.П.						

Таблиця 1.1 – Визначення розрахункового силового навантаження цехів

№ цеху	Назва цеху	$P_{уст}$, кВт	$K_{п}$, в.о	$\cos\varphi / \operatorname{tg}\varphi$	Результати розрахунків		
					$P_{р.с}$, кВт	$Q_{р.с}$, квар	$S_{р.с}$, кВА
1	Цех виробництва крил	6800	0,18	0,68/1,08	936	1011	1377,8
2	Цех виробництва фізіюляжей	6600	0,17	0,62/1,27	986	1252	1593,6
3	Механічно-складальний цех	6100	0,12	0,67/1,11	756	839	1129,4
4	Інструментальний цех	5100	0,13	0,63/1,23	871	1071	1383,5
5	Цех дрібних серій	5300	0,11	0,62/1,27	759	964	1226,9
6	Ремонтно-механічний цех	6500	0,14	0,68/1,08	826	892	1215,7
7	Компресорна станція	1500	0,14	0,64/1,20	210	252	328
Усього					5344	6281	8254,9

Визначення розрахункового навантаження загального електричного освітлення цехів:

Установлене (номінальне) активне навантаження приладів освітлення i -го цеху визначається як

$$P_{уст.о.i} = k p_{п.о.i} F_i \cdot 10^{-3}, \text{ кВт}, \quad (1.4)$$

де k – коефіцієнт, що враховує потужність пускових приладів залежно від джерела світла (для ламп розжарювання приймається $k= 1,0$; для дугових ртутних ламп (ДРЛ) $k= 1,1$; для люмінесцентних ламп (ЛЛ) низького тиску стартерних $k= 1,2$, безстартерних – $k= 1,35$);

$p_{п.о.i}$ –питоме навантаження загального освітлення i -го цеху, Вт/м²;

F_i – площа i -го цеху, що підлягає освітленню, м².

Розрахункове активне навантаження загального освітлення i -го цеху визначається так:

$$P_{p.o.i} = K_{п.о.i} P_{уст.o.i}, \text{ кВт}, \quad (1.5)$$

де $K_{п.о}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення (у курсовій роботі приймається $K_{п.о} = 0,95$ незалежно від виду джерела світла).

Розрахункове реактивне навантаження загального освітлення i -го цеху визначається за формулою

$$Q_{p.o.i} = P_{p.o.i} \operatorname{tg} \varphi_{o.i}, \text{ квар}, \quad (1.6)$$

де $\operatorname{tg} \varphi_{o.i}$ – відповідає значенню коефіцієнта потужності $\cos \varphi_{o.i}$ i -го цеху залежно від типу джерела світла.

Розрахункове повне навантаження загального освітлення i -го цеху визначається як

$$S_{p.o.i} = \sqrt{P_{p.o.i}^2 + Q_{p.o.i}^2}, \text{ кВА}. \quad (1.7)$$

Установлене активне навантаження приладів загального освітлення розраховується за формулою (1.4), розрахункові активне, реактивне та повне навантаження загального освітлення кожного цеху підприємства – за формулами (1.5)–(1.7) [6, с. 24].

Так, для цеху виробництва крил формулами (1.4)–(1.7) відповідно

$$P_{уст.o.1} = 1 \cdot 15 \cdot 4608 \cdot 10^{-3} = 69,1 \text{ кВт},$$

$$P_{p.o.1} = 0,95 \cdot 69,1 = 65,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.o.1} = 69,7 \cdot 0 = 0 \text{ квар},$$

$$S_{p.o.1} = \sqrt{65,7^2 + 0^2} = 65,7 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків для інших цехів наводяться в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Визначення розрахункового навантаження загального електричного освітлення цехів

№ цеху	Площа цеху $F, \text{ м}^2$	Тип ламп	$p_{п.о}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Результати розрахунків			
				$P_{уст.o}, \text{ кВт}$	$P_{p.o}, \text{ кВт}$	$Q_{p.o}, \text{ квар}$	$S_{p.o}, \text{ кВА}$
1	4608	Розжарювання	15	69,1	65,7	0	65,7
2	4608	ЛЛ низького тиску	15	82,9	78,8	25,9	82,9
3	4608	ДРЛ високого тиску	18	91,2	86,6	150	173

Продовження таблиці 1.2

№ це ху	Площ а цеху $F, \text{ м}^2$	Тип ламп	$p_{п.о},$ $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$	Результати розрахунків			
				$P_{уст.о},$ кВт	$P_{р.о},$ кВт	$Q_{р.о},$ квар	$S_{р.о},$ кВА
4	4608	Розжарювання	16	73,7	70	0	70
5	6480	ЛЛ низького тиску	18	140	133	43,7	139,9
6	5508	ДРЛ високого тиску	15	90,8	86,3	149,5	172,6
7	864	Розжарювання	17	14,7	14	0	14
Усього				562,4	534,4	369,1	718,1

Визначення розрахункового навантаження компресорної станції:

Розрахункова активна потужність синхронних двигунів (СД) напругою 10 кВ визначається як

$$P_{р.СД} = N_p \beta_{СД} P_{ном.СД}, \text{ кВт}, \quad (1.9)$$

де N_p – кількість робочих ЕД, які працюють одночасно, шт.;

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

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

За формулою (1.9)

$$P_{р.СД} = 4 \cdot 0,8 \cdot 800 = 2560 \text{ кВт}.$$

Мінімальна реактивна потужність, що генерується СД, визначається

$$Q_{мін.СД} = N_p \beta_{СД} Q_{ном.СД} = N_p \beta_{СД} P_{ном.СД} \text{tg}\varphi_{ном.СД}, \quad (1.10)$$

де $Q_{ном.СД}$ – номінальна реактивна потужність СД, квар;

$\text{tg}\varphi_{ном.СД}$ – відповідає значенню номінального коефіцієнта потужності СД $\cos\varphi_{ном.СД}$ і для двигуна СДН-2-16-36-8 приймається рівним $\cos\varphi_{ном.СД} = 0,9$.

Розрахункова реактивна потужність, що генерується СД визначається так:

$$Q_{р.СД} = P_{р.СД} \text{tg}\varphi_{ном.СД}. \quad (1.11)$$

За формулою (1.11)

$$Q_{р.СД} = 2560 \cdot 0,48 = 1229 \text{ квар}.$$

Загальне розрахункове активне навантаження компресорної станції з СД визначається за формулою

$$P_{p.k.c} = P_{p.c} + P_{p.o} + P_{p.CД}, \text{ кВт}, \quad (1.12)$$

де $P_{p.c}$ – розрахункове силове навантаження;

$P_{p.o}$ – розрахункове навантаження загального електричного освітлення.

За формулою (1.12)

$$P_{p.k.c} = 210 + 14 + 2560 = 2784 \text{ кВт.}$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження компресорної станції з СД визначається як

$$Q_{p.k.c} = Q_{p.c} + Q_{p.o} - Q_{p.CД}, \text{ квар}, \quad (1.13)$$

$$Q_{p.k.c} = 0 + 252 - 1229 = -977 \text{ квар.}$$

Загальне розрахункове повне навантаження компресорної станції з СД визначається так:

$$S_{p.k.c} = \sqrt{P_{p.k.c}^2 + Q_{p.k.c}^2}, \text{ кВА}, \quad (1.14)$$

$$S_{p.k.c} = \sqrt{2784^2 + (-977)^2} = 2950,5 \text{ кВА.}$$

[6, с. 27-28]

Визначення розрахункового навантаження підприємства:

Для визначення розрахункового навантаження промислового підприємства необхідно обчислити загальне розрахункове навантаження цехів. При розрахунку загального розрахункового навантаження цеху з урахуванням розрахункового навантаження загального електричного освітлення приймається коефіцієнт одночасності збігання максимумів навантаження $K_0 = 1$.

Загальне розрахункове активне навантаження i -го цеху визначається за формулою

$$P_{p.c.i} = P_{p.c.i} + P_{p.o.i}, \text{ кВт.} \quad (1.15)$$

Загальне розрахункове реактивне навантаження i -го цеху визначається як

$$Q_{p.c.i} = Q_{p.c.i} + Q_{p.o.i}, \text{ квар.} \quad (1.16)$$

Загальне розрахункове повне навантаження i -го цеху визначається так:

$$S_{p.c.i} = \sqrt{P_{p.c.i}^2 + Q_{p.c.i}^2}, \text{ кВА.} \quad (1.17)$$

Так, для цеху виробництва крил за формулами (1.15)–(1.17)

$$P_{p.c.1} = 936 + 65,7 = 1001,7 \text{ кВт},$$

$$Q_{p.c.1} = 1011 + 0 = 1011 \text{ квар},$$

$$S_{p.c.1} = \sqrt{1001,7^2 + 1011^2} = 1423 \text{ кВА}.$$

Результати розрахунків для інших цехів наводяться в таблиці 1.3.

Загальні розрахункові активне та реактивне навантаження кількох груп або цехів усього підприємства визначають з урахуванням коефіцієнта одночасності збігання максимумів навантаження K_o цих груп або цехів як

$$P_p = K_o \sum_{i=1}^m P_{p.c.i}, \text{ кВт}, \quad (1.18)$$

$$Q_p = K_o \sum_{i=1}^m Q_{p.c.i}, \text{ квар}, \quad (1.19)$$

де m – кількість розрахункових груп (цехів підприємства), шт.

Коефіцієнт одночасності збігання максимумів навантаження приймається рівним $K_o = 0,9$.

Розрахункова повна потужність визначається за формулою [6, с. 28-30]

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВА}. \quad (1.20)$$

Результати розрахунків для підприємства наводяться в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Визначення розрахункового навантаження підприємства

№ цеху	Назва цеху		$P_{p.c.}$,	$Q_{p.c.}$,	$S_{p.c.}$,
			кВт	Квар	кВА
1	Цех виробництва крил		1001,7	1011	1423
2	Цех виробництва фізюляжей		1064,8	1277,9	1663,4
3	Механічно-складальний цех		852,6	989	1305,8
4	Інструментальний цех		941	1071	1071
5	Цех дрібних серій		892	997,7	1338,3
6	Ремонтно-механічний цех		912,3	1041,5	1384,6
7	Компресорна станція	Навантаження	224	252	337,2
		ЕД	2560	-1229	-
		Усього	2784	-977	2950,5
Усього			8448,4	5411	11136,6
Усього з урахуванням $K_o = 0,9$			7603,6	4869,9	10023

1.2.Визначення центра електричних навантажень та місця розташування головної понижувальної підстанції.

Розташування джерела живлення (ДЖ) проектованої СЕП повинно сприяти досягненню мінімуму витрат на всю СЕП. Для цього необхідно звести до мінімуму довжину мереж, унаслідок чого вартість втрат енергії та напруги в живильних і розподільних мережах СЕП промислового підприємства також будуть мінімальними. З цією метою визначається умовна точка на плані підприємства, що відповідає центру ваги площини підприємства, на якій електричні навантаження умовно замінені на еквівалентні ваги. Ця умовна точка називається центром електричних навантажень (ЦЕН).

Для наочності визначення ЦЕН на генеральний план підприємства наноситься картограма електричних навантажень. ЦЕН цеху визначається приблизно, вважаючи, що його навантаження розподілені рівномірно по всій території. В цьому випадку ЦЕН цеху збігається з його геометричним центром.

Радіус кола i -го цеху визначається як

$$r_{ц,i} = \sqrt{\frac{S_{р.ц,i}}{\pi m}}, \text{ см}, \quad (1.21)$$

де $S_{р.ц,i}$ – розрахункове повне навантаження i -го цеху, кВА;

m – масштаб (приймається $m = 100$ кВА/см²).

Так, для цеху виробництва крил № 1 за формулою (1.21)

$$r_{ц,1} = \sqrt{\frac{1423}{3,14 \cdot 100}} = 2,1 \text{ см.}$$

Аналогічні розрахунки для інших цехів підприємства наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Координати та радіуси кіл картограм окремих цехів

№ цеху	Назва цеху	Координати		$r_{ц,i}$, см
		$X_{ц,i}$, см	$Y_{ц,i}$, см	
1	Цех виробництва крил	5	4	2,1
2	Цех виробництва фізюляжей	-26	99	2,3
3	Механічно-складальний цех	26	-45	2
4	Інструментальний цех	-42	206	1,9

Продовження таблиці 1.4

№ цеху	Назва цеху	Координати		$r_{ц,i}$, см
		$X_{ц,i}$, см	$Y_{ц,i}$, см	
5	Цех дрібних серій	-91	243	2,1
6	Ремонтно-механічний цех	52	-46	2,1
7	Компресорна станція	39	225	3,1

Координати ЦЕН підприємства визначаються так:

$$X_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{п.ц,i} X_{ц,i}}{\sum_{i=1}^n S_{п.ц,i}}, \text{ см}, \quad (1.22)$$

$$Y_{ц} = \frac{\sum_{i=1}^n S_{п.ц,i} Y_{ц,i}}{\sum_{i=1}^n S_{п.ц,i}}, \text{ см}, \quad (1.23)$$

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

n – кількість цехів підприємства.

За формулою (1.22)

$$X_{ц} = \frac{1423 \cdot 3 + 1663,4 \cdot (-26) + 1305,8 \cdot 26 + 1071 \cdot (-42)}{1423 + 1663,4 + 1305,8 + 1071} + \frac{1338,3 \cdot (-91) + 1384,6 \cdot 52 + 2950,5 \cdot 39}{1338,3 + 1384,6 + 2950,5} = 1,63 \text{ мм}$$

Та за формулою (1.23) відповідно

$$Y_{ц} = \frac{1423 \cdot 4 + 1663,4 \cdot 99 + 1305,8 \cdot (-45) + 1071 \cdot 206}{1423 + 1663,4 + 1305,8 + 1071} + \frac{1338,3 \cdot 243 + 1384,6 \cdot (-46) + 2950,5 \cdot 225}{1338,3 + 1384,6 + 2950,5} = 113 \text{ мм}$$

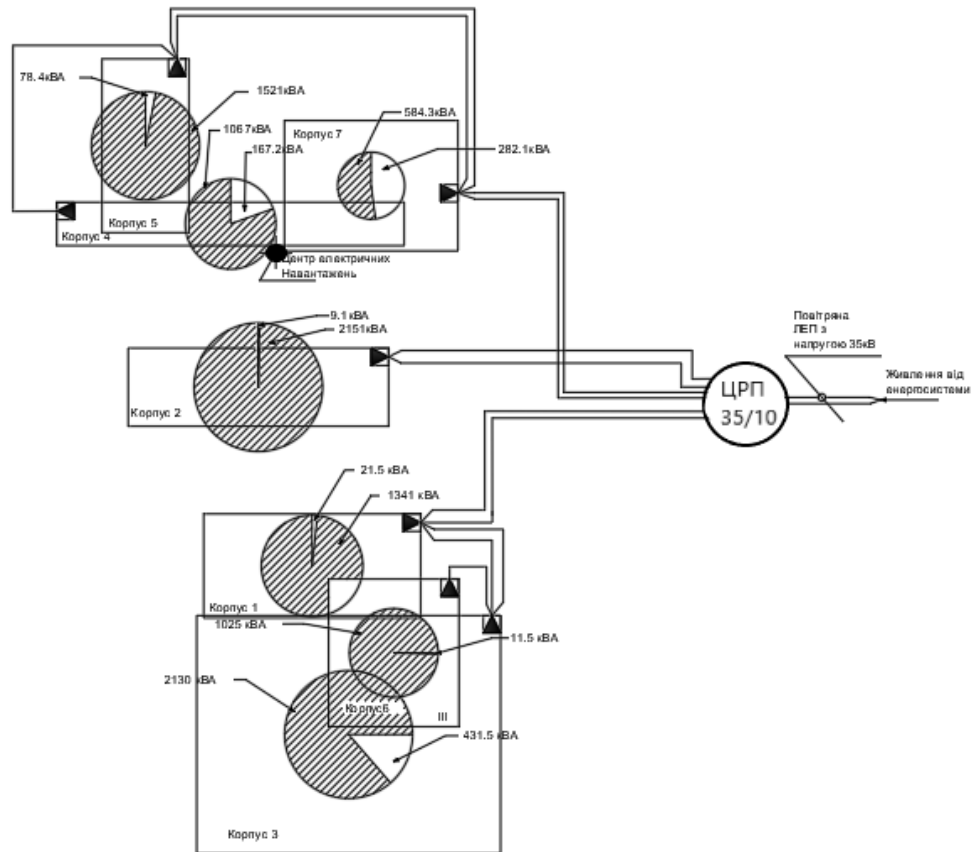


Рис.1.1. Центр електричних навантажень підприємства

Зміщення центральної розподільчої підстанції (ЦРП) виконується від ЦЕН в сторону живильних мереж зовнішнього ДЖ підприємства. ЦРП розташовується на території підприємства біля його огорожі.

Цехові трансформаторні підстанції(ТП) виконуються вбудованими і розташовуються якомога ближче до ЦЕН відповідного цеху. Це дозволяє зменшити довжину мереж напругою до 1 кВ, що призводить до зниження капітальних витрат, втрат енергії та напруги в цих мережах. В якості цехової ТП застосовуються комплектні трансформаторні підстанції (КТП). [6, с. 30-32]

1.3. Вибір кількості та потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції

Враховуючи, що на підприємстві є ЕП 1 та 2-ї категорій надійності електропостачання, то за умовами надійного електропостачання вибирається двотрансформаторна ЦРП.

Величина економічної реактивної потужності на 5-му рівні електропостачання визначається за формулою

$$Q_{e.5} = 0,25P_{p.5}, \text{ квар}, \quad (1.24)$$

де $P_{p.5}$ – розрахункова активна потужність підприємства на 5-му рівні електропостачання (дані з таблиці 1.3), кВт.

Це обумовлено тим, що згідно з «Методикою розрахунків плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами», щоб складова Π_2 (надбавка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами компенсації реактивної потужності плати Π за споживання і генерацію реактивної електроенергії) дорівнювала нулю ($\Pi_2 = 0$), нормативний коефіцієнт K_ϕ повинен бути $K_\phi = 1$ (це можливо при $\text{tg}\phi_r \leq 0,25$, що відповідає $\cos\phi_r \geq 0,97$).

Розрахункове повне навантаження у нормальному режимі роботи з урахуванням режиму електропередавальної організації за реактивною потужністю визначається за формулою

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.5}^2 + Q_{e.5}^2}, \text{ кВА}. \quad (1.25)$$

Так як на ЦРП два трансформатори, номінальна потужність $S_{\text{ном.т}}$ кожного з них має відповідати двом умовам.

По-перше, номінальна потужність одного з трансформаторів не повинна бути менше половини розрахункового повного навантаження підстанції (ПС)

$S_{p.n}$, тому що в разі аварійного вимикання одного з них релейним захистом (РЗ) і автоматичного вмикання секційного вмикача пристроєм автоматичного вмикання резерву (АВР) у розподільному пристрої низької напруги (НН) інший трансформатор бере на себе все навантаження ПС.

Перша умову можна записати так:

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{p.n}}{2}. \quad (1.26)$$

По-друге, повинна також виконуватись умова

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{S_{p.n.a}}{K_{2ав}}, \quad (1.27)$$

де $S_{p.n.a}$ – розрахункове повне навантаження в післяаварійному режимі, яке визначається з урахуванням сезонної зміни навантаження та можливого обмеження навантаження в такому режимі, кВА;

$K_{2ав}$ – коефіцієнт, який визначає величину допустимого аварійного перевантаження залежно від тривалості перевантаження, температури охолодного повітря та величини попереднього навантаження.

Виконання другої вимоги перевіряється для зимової та літньої температур охолодного повітря при відповідних навантаженнях за формулами

$$S_{ном.т} \geq \frac{S_{p.n.a}}{K_{2ав.з}}, \quad (1.28)$$

$$S_{ном.т} \geq \frac{KS_{p.n.a}}{K_{2ав.л}}, \quad (1.29)$$

де $K_{2ав.з}$ – коефіцієнт допустимого аварійного перевантаження в зимовий період;

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

K – коефіцієнт відношення літнього розрахункового навантаження до зимового (таблиця В.7 [1]).

Величина економічної реактивної потужності на 5-му рівні електропостачання визначається за формулою (1.24)

$$Q_{e,5} = 0,25 \cdot 7603,6 = 1900,6 \text{ квар.}$$

Розрахункове повне навантаження у нормальному режимі роботи з урахуванням режиму електропередавальної організації за реактивною потужністю визначається за формулою (1.25)

$$S_{p.n} = \sqrt{7603,6^2 + 1900,6^2} = 7837,6 \text{ кВА.}$$

Мінімальна номінальна потужність трансформаторів ЦРП за першою умовою визначається за формулою (1.26)

$$S_{ном.т} \geq \frac{7837,6}{2} = 3918,8 \text{ кВА.}$$

Попередньо вибираються трансформатори типу ТМН-4000/35.

Виконується перевірка за другою умовою, враховуючи що тривалість перевантаження трансформатора ЦРП в післяаварійному режимі становить 6 год. За формулами (1.28), (1.29) відповідно

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{0,8 \cdot 7837,6}{1,7} = 3688,3 \text{ кВА.}$$

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{7837,6}{1,9} = 4125 \text{ кВА,}$$

Умова (1.28) не виконується, тому що перевірка проведена з урахування ЕП 3-ї категорії надійності електропостачання. Потрібно врахувати вимикання ЕП 3-ї категорії надійності (розрахункова повна потужність цих ЕП обчислюється за даними в таблиці В.1 та таблиці 1.3) $S_{\text{р.н}} = 6118,3 \text{ кВА.}$

За другою умовою перевірка здійснюється без урахування ЕП 3-ї категорії надійності за формулами (1.28) і (1.29) відповідно

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{6118,3}{1,9} = 3220,2 \text{ кВА,}$$

$$S_{\text{ном.т}} \geq \frac{0,8 \cdot 6118,3}{1,7} = 2879,2 \text{ кВА.}$$

Остаточо вибираються трансформатори типу ТМН-4000/35. Технічні дані трансформаторів ЦРП наведені в таблиці 1.5. [6, с. 33-37]

Таблиця 1.5 – Технічні дані трансформаторів головної понижувальної підстанції

Тип	Номінальна потужність, кВА	Поєднання напруг, кВ		Втрати, кВт		Напру га КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМН-4000/35	4000	35	6,3	6,7	33,5	7,5	1,0

1.4. Вибір кількості та потужності трансформаторів цеховик трансформаторних підстанцій.

При виборі кількості та потужності трансформаторів цехових ПС враховують такі фактори: категорію надійності електропостачання ЕП, розрахункове навантаження на 3-му рівні електропостачання, компенсацію реактивних навантажень при нарузі до 1 кВ, навантажувальну спроможність трансформаторів в нормальному та післяаварійному режимах, шкалу стандартних номінальних потужностей трансформаторів.

При трьох і менше трансформаторах їх стандартну номінальну потужність вибирають за формулою

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{P_{\text{р.3}}}{N_{\text{т}} \beta_{\text{т}}}, \quad (1.30)$$

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

$P_{\text{р.3}}$ – розрахункове активне навантаження на 3-му рівні електропостачання (розрахункове активне навантаження цеху $P_{\text{р.ц}}$ за таблицею 1.3), кВт;

$N_{\text{т}}$ – кількість трансформаторів ПС, шт.;

$\beta_{\text{т}}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора цехової ПС

Так, для цеху виробництва крил № 1 з ЕП 2 та 3-ї категорій надійності, де застосовують двотрансформаторні ПС, номінальна потужність трансформаторів цехової ПС за формулою (1.30)

$$S_{\text{ном.т}} \geq S_{\text{ном.т.р}} = \frac{1001,7}{2 \cdot 0,75} = 668 \text{ кВА.}$$

Згідно з розрахунком для цехової ТП вибираються два трансформатори типу ТМЗ-1000/10 напругою 6/0,4 кВ. Для цих ПС також необхідний складський резерв на випадок пошкодження одного трансформатора.[6, с.38-39]

Аналогічні розрахунки для вибору номінальної потужності трансформаторів цехових ПС інших цехів наводяться в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Вибір кількості та номінальної потужності трансформаторів цехових підстанцій

№ цеху	Назва цеху	$P_{\text{р.ц}}$, кВт	N , шт.	$\beta_{\text{т}}$, в. о	$S_{\text{ном.т.р}}$, кВА	Трансформатор
1	Цех виробництва крил	1001,7	2	0,75	668	ТМЗ-1000/10
2	Цех виробництва фізіюляжей	1064,8	2	0,75	710	ТМЗ-1000/10
3	Механічно-складальний цех	852,6	2	0,7	609	ТМЗ-630/10

Продовження таблиці 1.6

№ цеху	Назва цеху	$P_{p.ц}$, кВт	N , шт.	β_T , в. о	$S_{ном.т.р}$, кВА	Трансформатор
4	Інструментальний цех	941	1	0,9	1046	ТМЗ-1600/10
5	Цех дрібних серій	892	2	0,7	637,1	ТМЗ-1000/10
6	Ремонтно-механічний цех	912,3	1	0,9	1014	ТМЗ-1600/10
7	Компресорна станція	224	2	0,7	160	ТМЗ-250/10

Технічні дані трансформаторів цехових ПС наведені в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічні дані трансформаторів цехових підстанцій

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМЗ-250/10	250	6	0,4	0,74	4,2	4,5	2,3
ТМЗ-630/10	630	6	0,4	1,31	8,5	5,5	2
ТМЗ-1000/10	1000	6	0,4	1,90	10,8	5,5	1,2
ТМЗ-1600/10	1600	6	0,4	2,65	16,5	6,0	1,0

Ціна трансформаторів:

ТМЗ-250/10 – 76500 грн/шт.;

ТМЗ-630/10 – 172800 грн/шт.;

ТМЗ-1000/10 – 223200 грн/шт.;

ТМЗ-1600/10 – 372000 грн/шт.

Отже, вартість всіх трансформаторів складає:

$$P = 2 \cdot 372000 + 6 \cdot 223200 + 2 \cdot 172800 + 2 \cdot 76500 = 2581800 \text{ грн.}$$

Оскільки, побудова та обслуговування трансформаторних підстанцій потребує значних капіталовкладень, мінімізуємо кількість підстанцій шляхом збільшення потужностей трансформаторів, і відповідно зменшення їх кількості складемо генплан №2.

Для *генплану №2* розрахуємо потужності трансформаторів. Маємо:

$$S_{ном.Т1,3,6} \geq S_{ном.Т.р1,3,6} = \frac{1001,7 + 852,6 + 912,3}{2 \cdot 0,75} = 1844,2 \text{ кВА}$$

$$S_{ном.Т4,5} \geq S_{ном.Т.р4,5} = \frac{941 + 892}{2 \cdot 0,75} = 1222 \text{ кВА}$$

$$S_{ном.Т2} \geq S_{ном.Т.р2} = 710 \text{ кВА}$$

$$S_{ном.Т7} \geq S_{ном.Т.р7} = 160 \text{ кВА}$$

Отже, для цехів 1,3 і 6 встановлюємо одну ТП потужністю 2500 кВА; для цехів 4 і 5 також встановлюємо одну ТП потужністю 1600 кВА. Для цехів 2 та 7 потужності трансформаторів не змінюємо.

Табл. 1.8 Технічні дані трансформаторів

Тип	Номінальна потужність, кВА	Номінальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напру га КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМФ-250/10	250	6	0,4	0,74	4,2	4,5	2,3
ТМЗ-1000/10	1000	6	0,4	1,90	10,8	5,5	1,2
ТМЗ-1600/10	1600	6	0,4	2,65	16,5	6,0	1,0
ТМЗ-2500/10	2500	6	0,4	3,75	24,0	6,0	0,8

Ціна трансформаторів розраховується за формулою:

$$P = 2 \cdot 583200 + 2 \cdot 372000 + 2 \cdot 223200 + 2 \cdot 76500 = 2509800 \text{ грн.}$$

Як бачимо, для генплану №2 капіталовкладення на побудову меншої кількості потужніших трансформаторних підстанцій відрізняються незначно, але це дає змогу зекономити на витрати на будівництво більшої кількості ТП та на заробітну плату більшої кількості обслуговуючого персоналу. Тому подальші розрахунки проводимо згідно генплану №2.

1.5. Вибір потужності компенсуючих пристроїв у системі електропостачання промислового підприємства.

Визначення реактивної потужності компенсуючих пристроїв споживачів електроенергії промислового підприємства:

Потужність компенсуючих пристроїв (КП) підприємства визначається за формулою

$$Q_{\text{КП}} = Q_{\text{р.5}} - Q_{\text{е.5}}, \text{ квар,} \quad (1.31)$$

де $Q_{\text{р.5}}$ – розрахункова реактивна потужність промислового підприємства на 5-му рівні електропостачання (береться з таблицею 1.3 з урахуванням коефіцієнта одночасності збігання максимумів навантаження), квар.

За формулою (1.31)

$$Q_{\text{КП}} = 4869,9 - 1900,6 = 2969,3 \text{ квар.}$$

Загальна встановлена потужність КП підприємства визначається так:

$$Q_{\text{КП}} = Q_{\text{НКУ}} + Q_{\text{ВКУ}} + Q_{\text{СД}}, \text{ квар,} \quad (1.32)$$

де $Q_{\text{НКУ}}$ – реактивна потужність низьковольтних конденсаторних установок (НКУ) споживача з напругою конденсаторів до 1 кВ, квар;

$Q_{\text{ВКУ}}$ – реактивна потужність високовольтних конденсаторних установок (ВКУ) споживача з напругою конденсаторів понад 1 кВ, квар;

$Q_{\text{СД}}$ – реактивна потужність, одержувана від СД (приймається $Q_{\text{СД}} = 0$, бо в підрозділі 1.3 і в таблиці 1.3 ця реактивна потужність була вже врахована зі знаком «мінус»), квар.

Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів до 1 кВ:

Максимальна реактивна потужність, яку доцільно передавати через трансформатор 10/0,4 кВ у мережу напругою до 1 кВ для забезпечення бажаного коефіцієнта його завантаження $\beta_{\text{т}}$ визначається за формулою

$$Q_{\text{т}} = \sqrt{(N_{\text{т}} \beta_{\text{т}} S_{\text{ном.т}})^2 - P_{\text{р.3}}^2}, \text{ квар,} \quad (1.33)$$

де $N_{\text{т}}$ – кількість трансформаторів ПС, шт.;

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

$P_{\text{р.3}}$ – розрахункове активне навантаження на 3-му рівні електропостачання, яке дорівнює розрахунковому активному навантаженню цеху $P_{\text{р.ц}}$ за таблицею 1.3, кВт.

Потужність КУ із конденсаторами номінальною напругою до 1 кВ визначається як

$$Q_{HKY} = Q_{p,3} - Q_T, \text{ квар}, \quad (1.34)$$

де $Q_{p,3}$ – розрахункове реактивне навантаження на 3-му рівні електропостачання, яке дорівнює розрахунковому реактивному навантаженню цеху $Q_{p,ц}$ за таблицею 1.3, квар.

Для застосування приймається найближча стандартна величина потужності комплектних конденсаторних установок (ККУ) $Q_{н.к.ст}$.. Кількість ККУ для двотрансформаторних цехових ПС повинна бути парною та однакової потужності.[6, с.41-47]

Так, за формулами (1.33) і (1.34) відповідно

Підсумовуємо дані щоб отримати результати по обраним підстанціям:

$$Q_{T1,3,6} = \sqrt{(2 \cdot 0,75 \cdot 2500)^2 - (2766,6)^2} = 2531,5, \text{ кВАр}$$

$$Q_{p1,3,6} = 1011 + 989 + 1041 = 3041, \text{ кВАр}$$

$$Q_{н.к1,3,6} = 3041 - 2531,5 = 509,5, \text{ кВАр}$$

$$Q_{T4,5} = \sqrt{(2 \cdot 0,75 \cdot 1600)^2 - (1833)^2} = 1549,2, \text{ кВАр}$$

$$Q_{p4,5} = 1071 + 977,7 = 2048,7, \text{ кВАр}$$

$$Q_{н.к4,5} = 2048,7 - 1549,2 = 499,5, \text{ кВАр}$$

Табл. 1.9 Визначення потужності комплексних конденсаторних установок з номінальною напругою 0,4 кВ

Номер цеху	Q_T , кВАр	$Q_{н.к.}$, кВАр	Тип і номінал	Потужність, кВАр	Кількість ККУ
2	1194	84	УКРП 0,4-45-5УЗ	90	2
1,3,6	2531,5	509,5	УКРП 0,4-260-20УЗ	520	2
4,5	1549,2	499,5	УКРП 0,4-260-20УЗ	520	2

Ціна ККУ визначається за формулою:

$$P = 2 \cdot 5940 + 2 \cdot 21519 = 54918 \text{ грн.}$$

Визначення потужності конденсаторних установок з номінальною напругою конденсаторів 10 кВ :

Потужність ККУ номінальною напругою 10 кВ визначається як

$$Q_{ВКУ} = Q_{КП} - \sum Q_{HKY.ст}, \text{ квар}, \quad (1.35)$$

де $\sum Q_{\text{HKY.ct}}$ – сумарна потужність встановлених низьковольтних ККУ, квар.

За формулою (1.35)

$$Q_{\text{BKY}} = 2969,3 - (2 \cdot 45 + 4 \cdot 260) = 1839,3 \text{ квар.}$$

За таблицею додатка №6 вибираються дві ККУ УКЛ-10-900 УЗ.

Високовольтні ККУ приєднуються до шин 10 кВ ЦРП через відповідні комірки КРП.

Не скомпенсована реактивна потужність

$$Q_{\text{неск}} = 2969,3 - (2 \cdot 45 + 4 \cdot 260) - 2 \cdot 900 = 39,4 \text{ квар.}$$

Цю не скомпенсовану реактивну потужність можливо компенсувати за рахунок встановлення низьковольтних ККУ на одній із цехових ПС. Таким чином, встановлюється на цеху №2 дві ККУ з номінальною напругою 0,4 кВ типу УКРП-0,4-60-10УЗ. Тоді величина некомпенсованої реактивної потужності

$$Q'_{\text{неск}} = 9,4 \text{ квар.}$$

Значення потужностей ККУ напругою 0,4 кВ наводяться в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Потужність комплектних конденсаторних установок номінальною напругою 0,4 кВ

№ цеху	Q_{T} , Квар	Q_{HKY} , Квар	Тип і номінал	Кількість ККУ	Потужність, квар
2	1194	84	УКРП-0,4-60-10УЗ	2	120
1,3,6	2531,5	509,5	УКРП 0,4-260-20УЗ	2	520
4,5	1549,2	499,5	УКРП 0,4-260-20УЗ	2	520

1.6. Розроблення схеми електропостачання підприємства.

Джерелом живлення даного підприємства є дві незалежні лінії напругою 35 кВ кожна. Дане підприємство середньої потужності і має споживачі з різною категорією надійності електроприймачів. Внаслідок даних умов на ЦРП встановлюється два трансформатори, кожен з яких може певний час виконувати живлення всього підприємства, через аварійне відключення іншого.

Внутрішньозаводський розподіл може бути виконаним за радіальною, магістральною чи змішаною схемами. Кожна з цих схем відрізняється за

ступенем надійності і техніко-економічними показниками, залежно від вимог проєктованого об'єкта.

Було розроблено два варіанти схеми електропостачання даного підприємства (наведені у графічному додатку) для визначення оптимального варіанту.

Перший варіант схеми електропостачання виконаний у вигляді змішаної схеми. Вона має три промені, які живлять цехи 2, 6 та 4. А вже РП цих цехів мають відгалуження, які живлять всі інші цехи. Дана схема має три промені, бо кожен з цехів має власну підстанцію. Гарними якостями схеми є суворе дотримання категорій надійності всіх ЕП. Недоліками ж схеми є наступне: більша кількість кабельних ліній, більша кількість ТП та персоналу. Дані недоліки є суттєвими, бо більша кількість кабельних ліній потребує більше капіталовкладень та підвищує небезпеку обриву лінії.

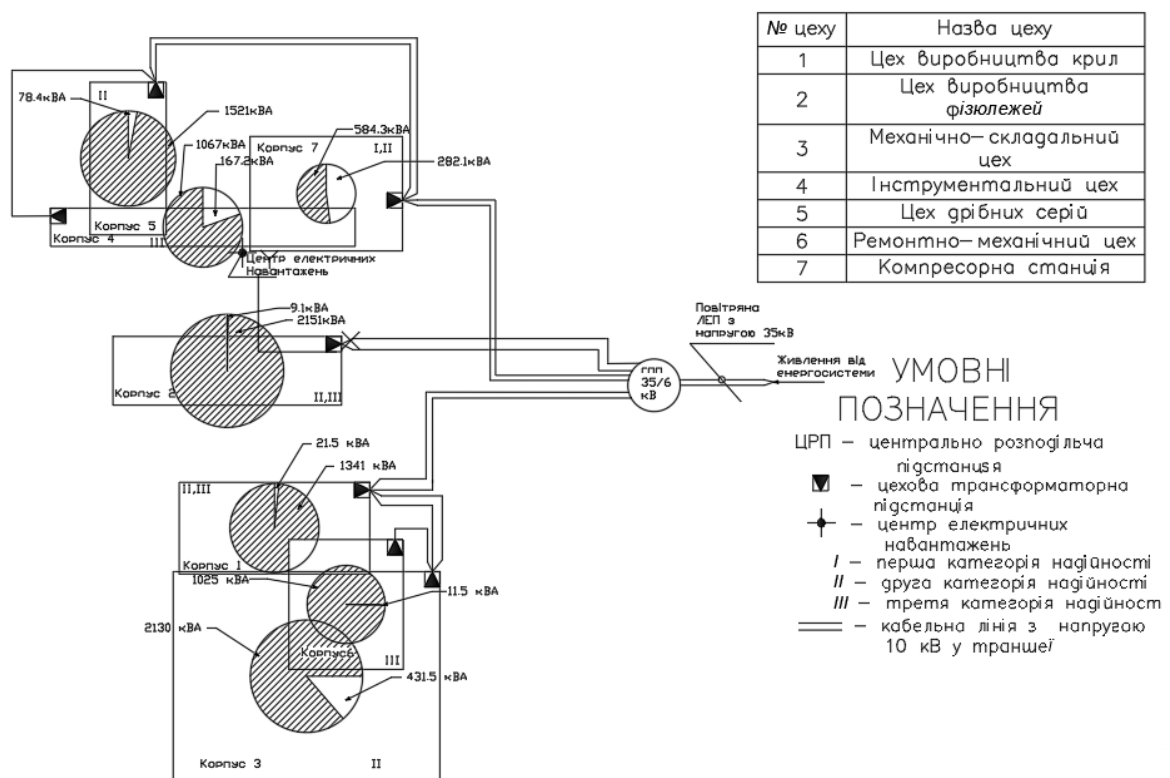


Рис. 1.2. Генплан електропостачання цехів №1

Другий варіант також виконаний у вигляді змішаної схеми електропостачання. Дана схема є двоступеневою, бо дублюється повністю і живиться від іншого джерела. Вона має два промені, що являють собою дві

паралельні кабельні підземні лінії. Цехи 1,3 і 6 та 4 і 5 – сполучені між собою, тобто мають спільні ТП, внаслідок їх близького розміщення один біля одного.

Оскільки частина споживачів потребує високої надійності живлення, то вони живляться через два трансформатори та до них підводиться два кабелі. На ЦРП встановлюється АВР.

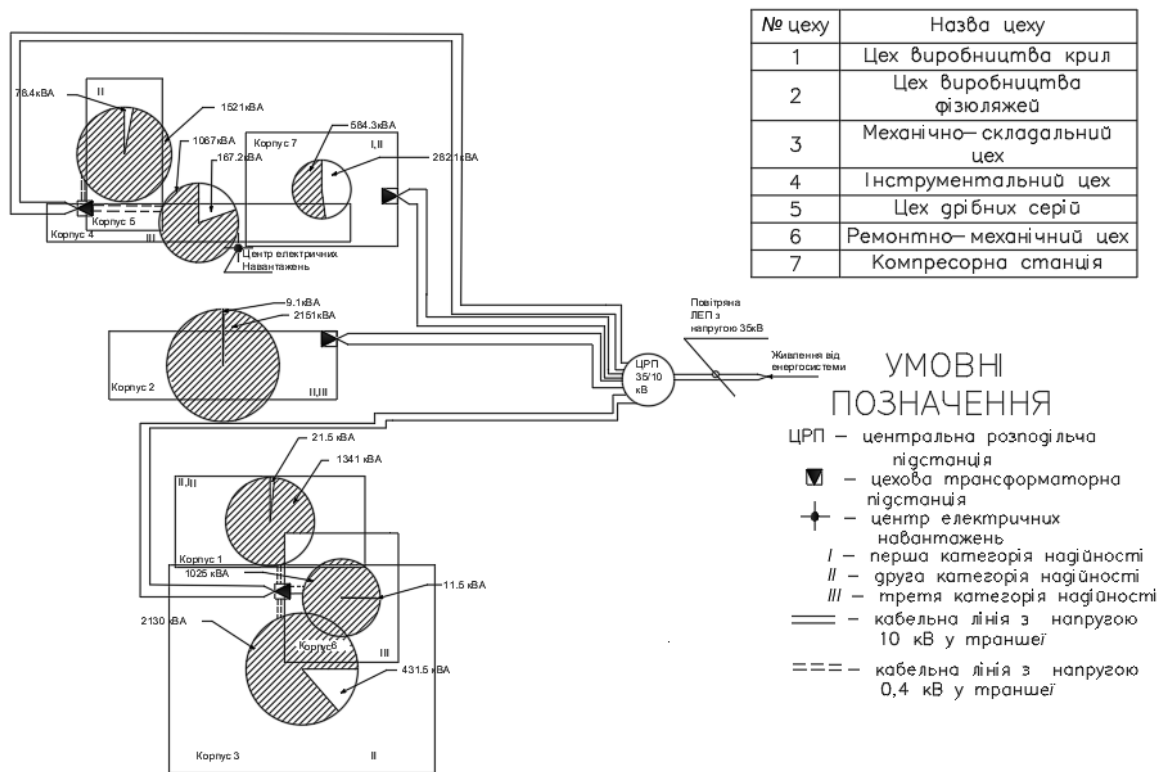


Рис.1.3. Генплан електропостачання цехів №2

Внаслідок аналізу була обрана схема генплану № 2. За надійністю обидві схеми є майже однаковими. Тільки в першій схемі внаслідок більшої кількості кабелів і трансформаторів збільшується капіталовкладення. Визначальним при виборі схеми став економічний фактор. Оскільки трансформатори ЦРП є однаковими по ціні для двох схем, то вибір засновувався на ціні трансформаторів для цехових ТП, вартості будівництва ТП та коштів на найм персоналу.

Вартість схеми № 2, на перший погляд не значного менша від вартості схеми №1. Але слід пам'ятати, що при більшій кількості ТП більшими будуть затрати на виробництво і на технічне обслуговування підстанцій.

Вартість будівництва однієї ТП приблизно дорівнює: для двохтрансформаторних – 240700 грн; для однострансформаторних – 168700 грн.

Тож дізнаємося вартість схем з урахуванням вартості трансформаторів та ТП. 31

Вартість схеми № 1:

$$P = 5 \cdot 240700 + 2 \cdot 168700 + 2581800 = 4122700 \text{ грн.}$$

Вартість схеми № 2:

$$P = 4 \cdot 240700 + 2509800 = 3472600 \text{ грн.}$$

Економія при виборі схеми № 2 складає 650100 грн. Це суттєва економія коштів, тому будівництво 4-х ТП замість 7 більш доцільне. Подальші розрахунки ведуться лише для схеми № 2.

1.7 Розрахунок струмів трифазного короткого замикання в електричних мережах напругою понад 1 кВ

Розрахункова схема для максимального режиму:

На рисунку 1.4 наведена розрахункова схема для максимального режиму при наявності РП компресорної станції, на якій встановлено шість СД (два знаходяться в резерві). Точка К – задана величина початкового струму трифазного КЗ від енергосистеми зі сторони ВН трансформатора ЦРП, точка К1 – за вимикачем 10 кВ, що відходить від шин ЦРП. У розрахунковій схемі нумеруються ступені напруги: 1 – сторона ВН трансформатора ЦРП і 2 – сторона НН ЦРП. За основний ступінь приймається ступінь 2, де знаходиться точка короткого замикання – К1.

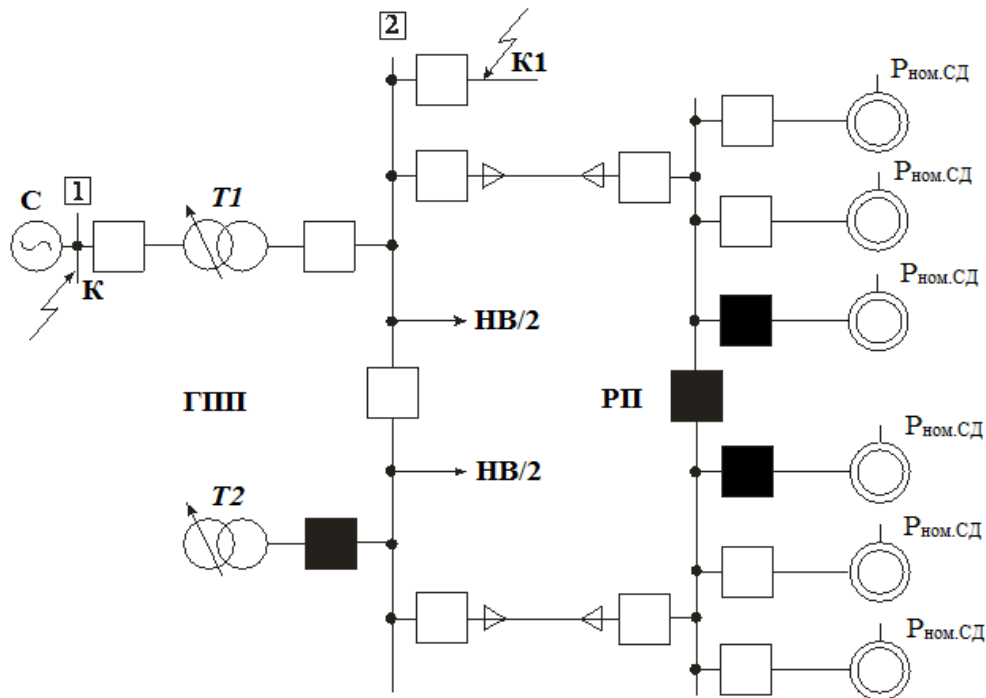


Рисунок 1.4 – Розрахункова схема для максимального режиму

На рисунку 1.5 наведена схема заміщення для максимального режиму.

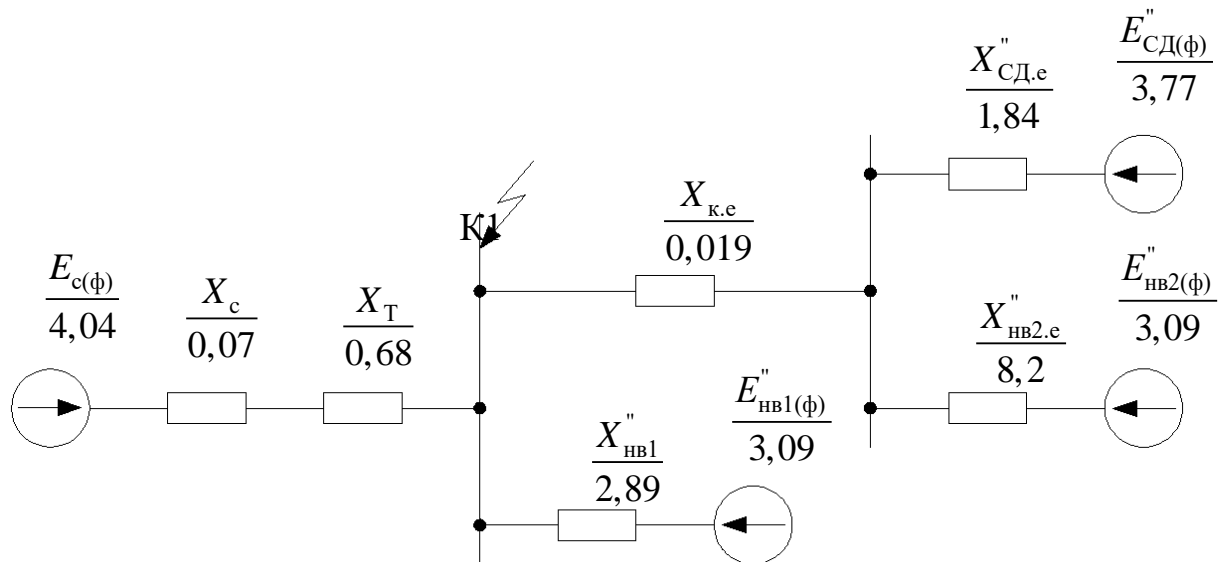


Рисунок 1.5 – Схема заміщення для максимального режиму

Розрахунок струмів трифазного короткого замикання на шинах низької напруги центральної розподільчої підстанції для максимального режиму:

Розрахунок виконується в іменованих одиницях при точному зведенні до основного ступеня 2.

Для розрахунку використовуються вихідні дані до курсової роботи та розрахункові дані, які отримані в попередніх розділах.

Вихідні дані системи:

- напруга в максимальному режимі $U_{с.макс} = 35$ кВ;
- величина початкового струму трифазного КЗ від системи на стороні ВН трансформатора ЦРП у максимальному режимі $I_{п0.с.макс} = 11$ кА.

Вихідні дані трансформаторів ЦРП:

- два трансформатори ТМН-4000/35;
- номінальна потужність трансформаторів $S_{ном.т} = 4$ МВА;
- номінальна напруга регульованої обмотки ВН на середньому відгалуженні $U_{ном.ВН} = 35$ кВ;
- номінальна напруга обмотки НН $U_{ном.В} = 10$ кВ
- діапазон РПН $\Delta U_{РПН} = \pm 10$ %;
- напруга КЗ для крайнього відгалуження «-РО» $u_k^{-PO} = 6,9$ %.

Вихідні дані кабелів, що відходять від шин ЦРП до РП:

- середній індуктивний питомий опір $x_{П.К} = 0,08$ Ом/км;
- довжина кабелю $l_K = 0,47$ км.

Вихідні дані високовольтних СД:

- тип СДН-2-16-36-8;
- номінальна напруга $U_{НОМ.В} = 10$ кВ
- кількість двигунів $N = 6$ шт.;
- номінальна активна потужність $P_{НОМ.СД} = 800$ кВт;
- номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД) $\eta_{НОМ.СД} = 0,949$ в. о.;
- подовжній надперехідний індуктивний опір при номінальних умовах роботи машини $X_{*d(НОМ)}'' = 0,192$ в. о.;
- номінальний коефіцієнт потужності $\cos \varphi_{НОМ.СД} = 0,9$.

Вихідні дані навантаження:

- надперехідна електрорушійна сила (ЕРС) навантаження у відносних одиницях $E_{*НВ}'' = 0,85$;
- надперехідний індуктивний опір навантаження у відносних одиницях $X_{*НВ}'' = 0,35$.

ЕРС та опір навантаження приведені до потужності навантаження і до середньої номінальної напруги ступеня, на якому воно приєднано.

1-й етап. Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.

1) Повне узагальнене навантаження, яке приєднане до шин НН ЦРП, визначається за формулою

$$S_{НВ1} = S_{р.ТП6} + S_{р.ТП3} + S_{р.ТП1} + S_{р.ТП2} + S_{р.ТП4}, \text{ кВА}, \quad (1.36)$$

$$S_{НВ1} = 1384,6 + 1305,8 + 1423 + 1663,4 + 1071 = 4847,8 \text{ кВА}.$$

Приймається $S_{НВ1} = 4,8$ МВА.

2) Повне узагальнене навантаження, яке приєднане до шин РП, визначається як

$$S_{НВ2} = S_{р.ТП7} + S_{р.ТП5}, \text{ кВА}, \quad (1.37)$$

$$S_{\text{нв2}} = 337,2 + 1388,3 = 1675,5 \text{ кВА.}$$

Приймається $S_{\text{нв2}} = 1,7 \text{ МВА.}$

3) Величина номінальної напруги обмотки ВН трансформатора в максимальному режимі при роботі на крайньому відгалуженні регульованої обмотки «-РО» визначається так:

$$U_{\text{ном.ВН}}^{-\text{РО}} = \left(1 - \Delta U_{* \text{РПН}}\right) U_{\text{ном.ВН}}, \text{ кВ,} \quad (1.38)$$

де $\Delta U_{* \text{РПН}}$ – відносна максимальна величина діапазону РПН в один із боків від середнього відгалуження регульованої обмотки, в. о.

За формулою (1.38)

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

4) Коефіцієнт трансформації трансформатора ЦРП у максимальному режимі (з урахуванням того, що за основний ступінь прийнято ступінь 2) визначається за формулою

$$K_{\text{T}} = \frac{U_{\text{ном.НН}}}{U_{\text{ном.ВН}}^{-\text{РО}}}, \quad (1.39)$$

$$K_{\text{T}} = \frac{10}{35} = 0,2$$

5) ЕРС та опір системи визначаються як

$$E_{\text{с(ф)}} = U_{\text{с.макс}} K_{\text{T}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}, \text{ кВ,} \quad (1.40)$$

$$X_{\text{с}} = \frac{U_{\text{с.макс}}}{\sqrt{3} I_{\text{п0.с.макс}}} K_{\text{T}}^2, \text{ Ом.} \quad (1.41)$$

За формулами (1.40) та (1.41)

$$E_{\text{с(ф)}} = 35 \cdot \frac{10}{35} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = 4,04 \text{ кВ,}$$

$$X_{\text{с}} = \frac{35}{\sqrt{3} \cdot 11} \cdot 0,2^2 = 0,07 \text{ Ом.}$$

6) Індуктивний опір трансформатора розраховується так:

$$X_{\text{T}} = \frac{u_{\text{к}}^{-\text{РО}} U_{\text{ном.НН}}^2}{100 \cdot S_{\text{ном.Т}}}, \text{ Ом,} \quad (1.42)$$

$$X_T = \frac{6,9 \cdot 10^2}{100 \cdot 4} = 0,68 \text{ Ом}$$

7) Параметри кабелю для схеми заміщення (рисунок 1.5) визначаються за формулою

$$X_K = x_{п.к} l_K, \text{ Ом}, \quad (1.43)$$

$$X_{к.е} = \frac{X_K}{2}, \text{ Ом}. \quad (1.44)$$

За формулами (1.43) та (1.44)

$$X_K = 0,08 \cdot 0,47 = 0,038 \text{ Ом},$$

$$X_{к.е} = \frac{0,038}{2} = 0,019 \text{ Ом}.$$

8) При розрахунках струмів КЗ для максимального режиму вважають, що в попередньому до КЗ режимі СД працюють з номінальною напругою, номінальним струмом і номінальним коефіцієнтом потужності. Ці параметри подаються у відносних одиницях $U_{*0(\text{ном})} = 1, I_{*0(\text{ном})} = 1, \cos \varphi_0 = \cos \varphi_{\text{ном}}$.

ЕРС СД для попереднього номінального режиму їх роботи та опір розраховуються як

$$E_{* \text{ СД}0(\text{ном})}'' = \sqrt{\left(U_{*0(\text{ном})} \cos \varphi_0 \right)^2 + \left(U_{*0(\text{ном})} \sin \varphi_0 - I_{*0(\text{ном})} X_{*d(\text{ном})}'' \right)^2}, \quad (1.45)$$

$$E_{\text{СД}(\phi)}'' = E_{* \text{ СД}0(\text{ном})}'' U_{\text{ном.СД}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}, \text{ кВ}, \quad (1.46)$$

$$X_{\text{СД.е}}'' = X_{*d(\text{ном})}'' \frac{U_{\text{ном.СД}}^2 \cos \varphi_{\text{ном.СД}} \eta_{\text{ном.СД}}}{N_p P_{\text{ном.СД}} \cdot 10^{-3}}, \text{ Ом}. \quad (1.47)$$

За формулами (1.45)–(1.47)

$$E_{* \text{ СД}0(\text{ном})}'' = \sqrt{(1 \cdot 0,9)^2 + (1 \cdot 0,436 + 1 \cdot 0,192)^2} = 1,09,$$

$$E_{\text{СД}(\phi)}'' = 1,09 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{6,54}{\sqrt{3}} \text{ кВ},$$

$$X_{\text{СД.е}}'' = 0,192 \cdot \frac{10^2 \cdot 0,9 \cdot 0,949}{4 \cdot 800 \cdot 10^{-3}} = 1,84 \text{ Ом}$$

9) Параметри узагальненого навантаження розраховуються так:

$$E''_{\text{НВ}(\Phi)} = E''_{* \text{НВ}} U_{\text{сер.ном}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}, \text{ кВ}, \quad (1.48)$$

$$X''_{\text{НВ}} = X''_{* \text{НВ}} \frac{U_{\text{сер.ном}}^2}{S_{\text{НВ}}}, \text{ Ом}, \quad (1.49)$$

де $U_{\text{ном.сер}}$ – середня номінальна напруга ступеня, кВ.

За формулами (1.48) та (1.49)

$$E''_{\text{НВ1}(\Phi)} = 0,85 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{5,36}{\sqrt{3}} \text{ кВ},$$

$$X''_{\text{НВ1}} = 0,35 \cdot \frac{10^2}{4,8} = 2,89 \text{ Ом}.$$

ЕРС узагальненого навантаження, приєднаного до шин РП визначається за формулою (1.48)

$$E''_{\text{НВ2}(\Phi)} = 0,85 \cdot 10 \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{5,36}{\sqrt{3}} \text{ кВ}.$$

Еквівалентний опір узагальненого навантаження, приєднаного до шин РП визначається як

$$X''_{\text{НВ2}} = X''_{* \text{НВ}} \frac{2U_{\text{сер.ном}}^2}{S_{\text{НВ2}}}, \text{ Ом}, \quad (1.50)$$

$$X''_{\text{НВ2.е}} = \frac{X''_{\text{НВ2}}}{2} = X''_{* \text{НВ}} \frac{U_{\text{сер.ном}}^2}{S_{\text{НВ2}}}, \text{ Ом}. \quad (1.51)$$

За формулою (1.51)

$$X''_{\text{НВ2.е}} = 0,35 \cdot \frac{10^2}{1,7} = 8,2 \text{ Ом}.$$

2-й етап. Перетворення схеми заміщення до елементарного вигляду відносно точки короткого замикання К1.

На рисунку 1.6 наведено перетворену схему заміщення відповідно до вихідної схеми заміщення (рисунок 1.4).

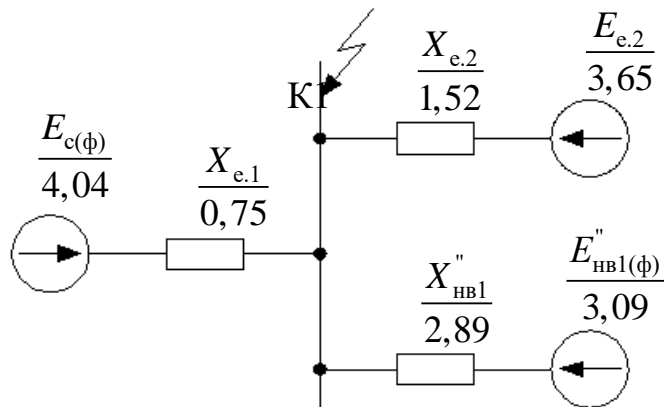


Рисунок 1.6 – Перетворена схема заміщення

Параметри для перетвореної схеми заміщення визначаються так:

$$X_{e.1} = X_e + X_T, \text{ Ом}, \quad (1.52)$$

$$X_{e.2} = X_{к.е} + \frac{X''_{СД.е} X''_{нв2.е}}{X''_{СД.е} + X''_{нв2.е}}, \text{ Ом}, \quad (1.53)$$

$$E_{e.2(\phi)} = \frac{E''_{СД(\phi)} X''_{нв2.е} + E''_{нв2(\phi)} X''_{СД.е}}{X''_{СД.е} + X''_{нв2.е}}, \text{ кВ}. \quad (1.54)$$

За формулами (1.52)–(1.54)

$$X_{e.1} = 0,07 + 0,68 = 0,75 \text{ Ом},$$

$$X_{e.2} = 0,019 + \frac{1,84 \cdot 8,2}{1,84 + 8,2} = 1,52 \text{ Ом},$$

$$E_{e.2(\phi)} = \frac{6,54 \cdot 8,2 + 5,36 \cdot 1,84}{8,2 + 1,84} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{6,32}{\sqrt{3}} \text{ кВ}.$$

3-й етап. Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент(початкового надперехідного струму) у точці К1.

Діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий моменту точці К1 визначається за формулою

$$I_{п0.К1} = \frac{E_{c(\phi)}}{X_{e.1}} + \frac{E_{e.2}}{X_{e.2}} + \frac{E''_{нв1(\phi)}}{X''_{нв1}}, \text{ кА}, \quad (1.55)$$

$$I_{п0.К1} = \frac{4,04}{\sqrt{3} \cdot 0,75} + \frac{6,54}{\sqrt{3} \cdot 1,53} + \frac{5,36}{\sqrt{3} \cdot 2,89} = 6,65 \text{ кА}.$$

4-й етап. Визначення ударного струму в точці К1.

Ударний коефіцієнт на шинах 10 кВ ЦРП приймається $K_{уд.СД} = 1,85$, для СД $K_{уд.СД} = 1,8$, для узагальненого навантаження $K_{уд.НВ} = 1$.

Ударний струм у точці К1 визначається як

$$i_{уд.К1} = \sqrt{2} \left(\frac{E_{с(ф)}}{X_{е.1}} K_{уд.С} + \frac{E_{СД(ф)}}{X_{СД.е} + X_{к.е}} K_{уд.СД} + \dots \rightarrow \right.$$

$$\left. \dots \leftarrow + \frac{E_{НВ2(ф)}}{X_{НВ2.е} + X_{к.е}} K_{уд.НВ} + \frac{E_{НВ1(ф)}}{X_{НВ1}} K_{уд.НВ} \right), \text{ кА, (1.56)}$$

$$i_{уд.К1} = \sqrt{2} \left(\frac{4,04}{\sqrt{3} \cdot 0,75} \cdot 1,85 + \frac{6,54}{\sqrt{3}(1,84 + 0,019)} \cdot 1,6 + \dots \rightarrow \right.$$

$$\left. \dots \leftarrow + \frac{5,36}{\sqrt{3}(8,2 + 0,019)} \cdot 1 + \frac{5,36}{\sqrt{3} \cdot 2,89} \cdot 1 \right) = 15,35 \text{ кА.}$$

Розрахунок струмів трифазного короткого замикання на шинах розподільного пункту:

На рисунку 1.7 наведена розрахункова схема для максимального режиму. Точка К – задана величина початкового надперехідного струму трифазного КЗ на стороні ВН трансформатора ЦРП, точка К2 – за вимикачем 10 кВ, що відходить від шин РП. У розрахунковій схемі нумеруються ступені напруги: 1 – сторона ВН трансформатора ЦРП і 2 – сторона НН ЦРП. За основний ступінь приймається ступінь 2, де знаходиться точка короткого замикання – К2.

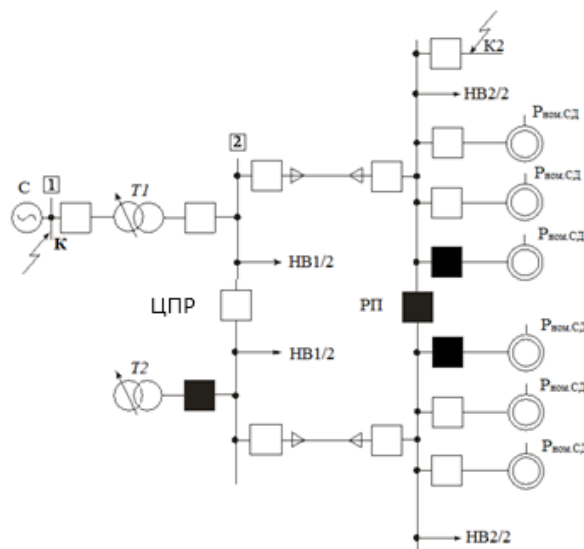


Рисунок 1.7 – Розрахункова схема для максимального режиму

Розрахунок виконується в іменованих одиницях при точному зведенні до основного ступеня 2. На рисунку 1.8 наведена схема заміщення для максимального режиму, яка відповідає розрахунковій схемі (рисунок 1.7).

Для розрахунку використовуються вихідні дані до курсової роботи та розрахункові дані, які отримані в попередніх розділах.

1-й етап. Розрахунок параметрів елементів схеми заміщення.

Параметри системи, трансформатора, кабельних ліній (КЛ), узагальненого навантаження, приєднаного до шин НН ЦРП, а також ЕРС СД та ЕРС узагальненого навантаження, приєднаного до шин РП, були визначені під час розрахунку струму трифазного КЗ на шинах НН ЦРП (точка К1).

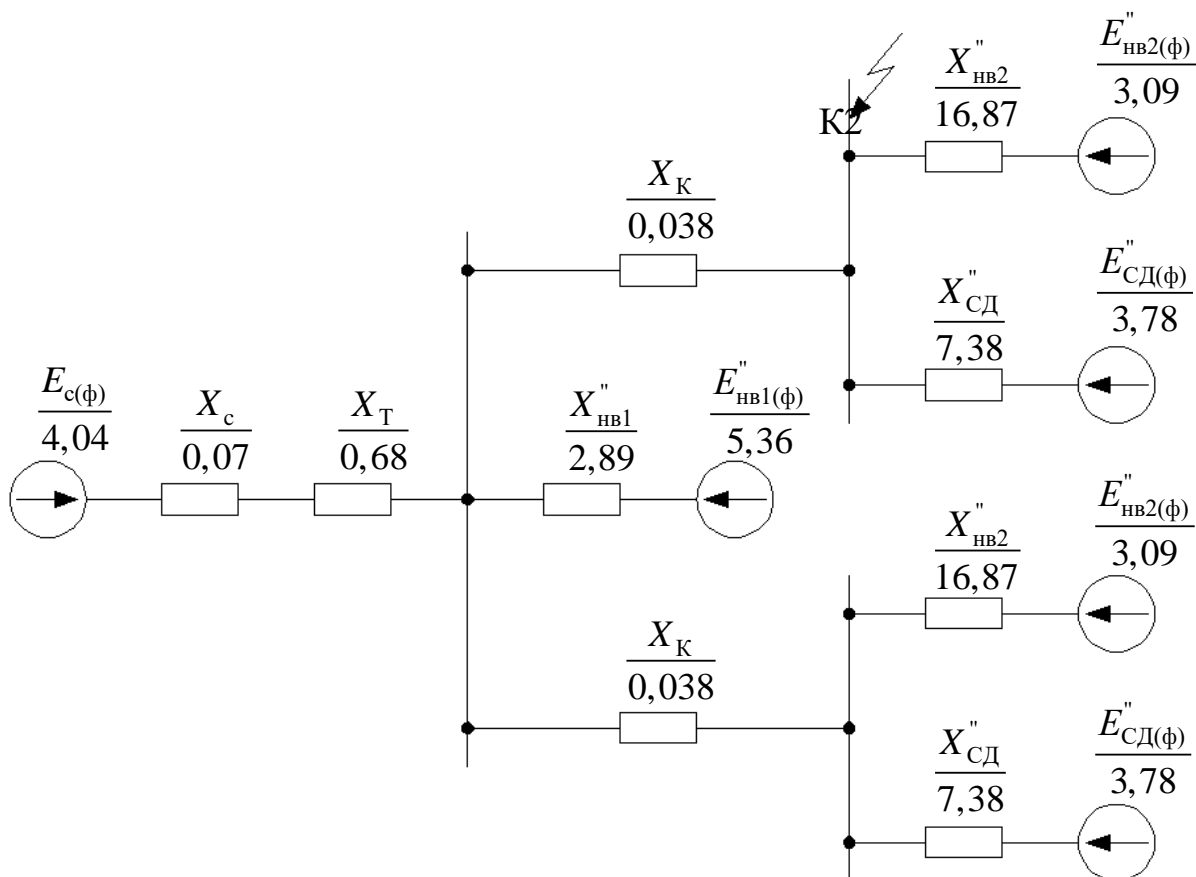


Рисунок 1.8– Схема заміщення для максимального режиму

Еквівалентний опір узагальненого навантаження, приєднаного до шин РП визначається так:

$$X''_{НВ2} = X''_{* НВ} \frac{2U_{ном.сер}^2}{S_{НВ2}}, \text{ Ом}, \quad (1.57)$$

$$X''_{\text{НВ2}} = 0,35 \cdot \frac{2 \cdot 10^2}{1,7} = 16,87 \text{ Ом.}$$

Визначається надперехідний опір СД

$$X''_{\text{СД}} = X''_{*d(\text{НОМ})} \frac{U_{\text{НОМ.СД}}^2 \cos \varphi_{\text{НОМ.СД}} \eta_{\text{НОМ.СД}}}{P_{\text{НОМ.СД}} \cdot 10^{-3}}, \text{ Ом,} \quad (1.58)$$

$$X''_{\text{НВ2}} = 0,192 \cdot \frac{10^2 \cdot 0,9 \cdot 0,949}{800 \cdot 10^{-3}} = 7,380 \text{ м.}$$

2-й етап. Перетворення схеми заміщення до елементарного вигляду відносно точки короткого замикання К2.

На рисунку 1.9 та рисунку 1.10 наведено перетворені схеми заміщення відповідно до вихідної схеми заміщення (рисунок 1.7).

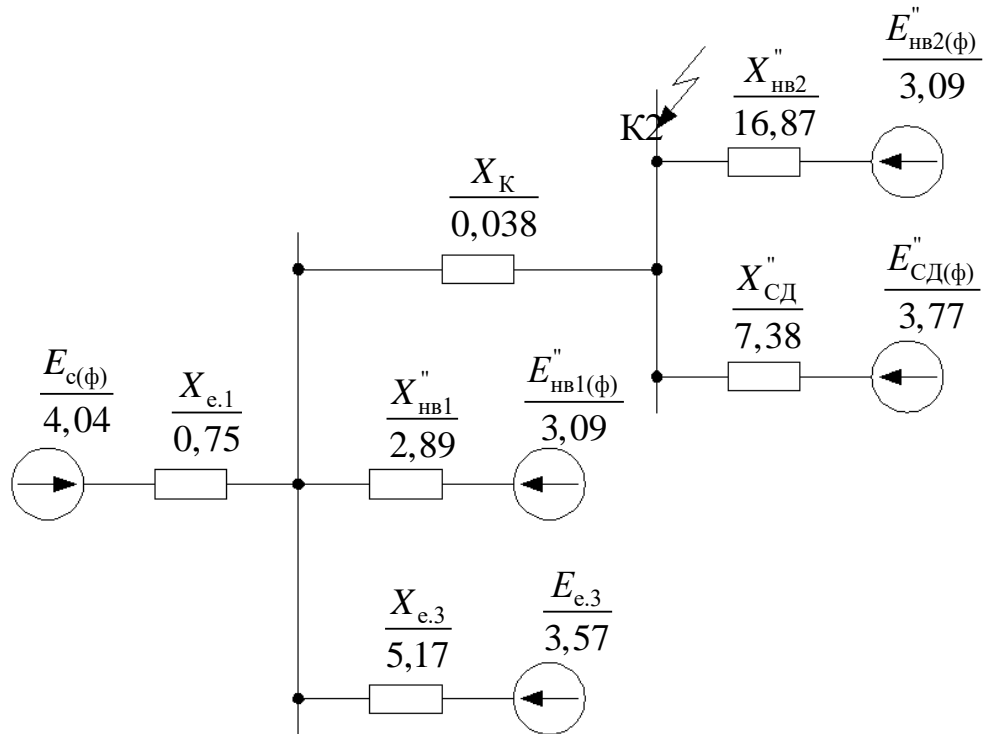


Рисунок 1.9 – Перетворена схема заміщення (перший етап перетворення)

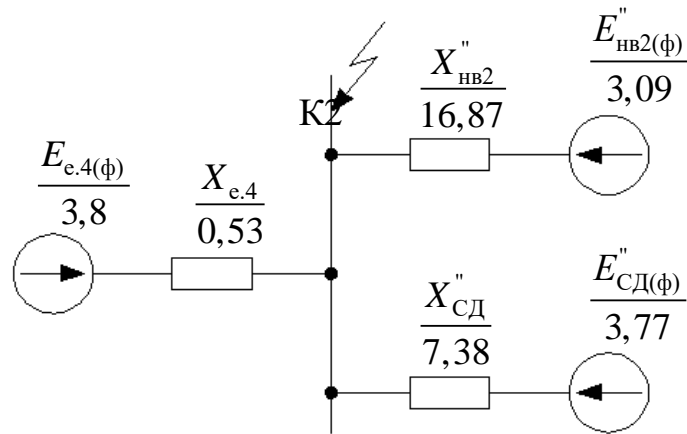


Рисунок 1.10 – Перетворена схема заміщення (другий етап перетворення)

Параметри для перетворених схем заміщення визначаються так:

$$X_{e.3} = X_K + \frac{X_{CD}'' X_{HB2}''}{X_{CD}'' + X_{HB2}''}, \text{ Ом}, \quad (1.59)$$

$$E_{e.3(\phi)} = \frac{E_{CD(\phi)}'' X_{HB2}'' + E_{HB2(\phi)}'' X_{CD}''}{X_{CD}'' + X_{HB2}''}, \text{ кВ}, \quad (1.60)$$

$$X_{e.4} = \frac{X_{e.1} X_{HB1}'' X_{e.3}}{X_{e.1} X_{HB1}'' + X_{HB1}'' X_{e.3} + X_{e.1} X_{e.3}} + X_K, \text{ Ом}, \quad (1.61)$$

$$E_{e.4(\phi)} = \frac{E_{c(\phi)} X_{HB1}'' X_{e.3} + E_{HB1(\phi)}'' X_{e.1} X_{e.3} + E_{e.3} X_{e.1} X_{HB1}''}{X_{e.1} X_{HB1}'' + X_{HB1}'' X_{e.3} + X_{e.1} X_{e.3}}, \text{ кВ}. \quad (1.62)$$

За формулами (1.59)–(1.62)

$$X_{e.3} = 0,038 + \frac{7,38 \cdot 16,87}{7,38 + 16,37} = 5,17 \text{ Ом},$$

$$E_{e.3(\phi)} = \frac{3,77 \cdot 16,87 + 3,09 \cdot 7,38}{\sqrt{3}(7,38 + 16,87)} = \frac{6,18}{\sqrt{3}} \text{ кВ},$$

$$X_{e.4} = \frac{0,75 \cdot 2,89 \cdot 5,17}{0,75 \cdot 2,89 + 2,89 \cdot 5,17 + 0,75 \cdot 5,17} + 0,0038 = 0,53 \text{ Ом},$$

$$E_{e.4(\phi)} = \frac{4,04 \cdot 2,89 \cdot 5,17 + 3,09 \cdot 0,75 \cdot 5,17 + 6,18 \cdot 0,75 \cdot 2,89}{\sqrt{3}(2,89 \cdot 5,17 + 0,75 \cdot 5,17 + 0,75 \cdot 2,89)} = \frac{6,38}{\sqrt{3}} \text{ кВ}.$$

3-й етап. Визначення діючого значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий момент(початкового надперехідного струму) у точці К2.

Визначається діюче значення періодичної складової струму трифазного КЗ у початковий моменту точці К2

$$I_{п0.К2} = \frac{E_{e.4(\phi)}}{X_{e.4}} + \frac{E''_{нв2(\phi)}}{X''_{нв2}} + \frac{E''_{сд(\phi)}}{X''_{сд}}, \text{ кА}, \quad (1.63)$$

$$I_{п0.К2} = \frac{6,58}{\sqrt{3} \cdot 0,53} + \frac{5,36}{\sqrt{3} \cdot 16,87} + \frac{6,54}{\sqrt{3} \cdot 7,38} = 7,86 \text{ кА}.$$

4-й етап. Визначення ударного струму в точці К2.

Приймається ударний коефіцієнт на шинах 10 кВ ЦРП $K_{уд.с} = 1,85$, для СД – ударний коефіцієнт $K_{уд.сд} = 1,8$, для узагальненого навантаження – ударний коефіцієнт $K_{уд.нв} = 1$. Визначається ударний струм у точці К2 [6, с. 57-63]

$$i_{уд.К2} = \sqrt{2} \left(\frac{E_{с(\phi)}}{X_{e.1} + X_K} K_{уд.с} + \frac{E''_{нв1(\phi)}}{X''_{нв1} + X_K} K_{уд.нв} + \frac{E''_{нв2(\phi)}}{X''_{нв2} + 2X_K} K_{уд.нв} + \frac{E''_{сд(\phi)}}{X''_{сд} + 2X_K} K_{уд.сд} + \frac{E''_{сд(\phi)}}{X''_{сд}} K_{уд.сд} + \frac{E''_{нв2(\phi)}}{X''_{нв2}} K_{уд.нв} \right), \text{ кА}, \quad (1.64)$$

$$i_{уд.К2} = \sqrt{2} \left(\frac{4,04}{\sqrt{3}(0,75 + 0,038)} \cdot 1,85 + \frac{5,36}{\sqrt{3}(2,89 + 0,038)} \cdot 1 + \frac{5,36}{\sqrt{3}(16,87 + 2 \cdot 0,038)} \cdot 1 + \frac{6,54}{\sqrt{3}(7,38 + 2 \cdot 0,038)} \cdot 1,8 + \frac{6,54}{\sqrt{3} \cdot 7,38} \cdot 1,8 + \frac{5,36}{\sqrt{3} \cdot 16,87} \cdot 1 \right) = 12,35 \text{ кА}.$$

1.8 Вибір перерізу провідників і електричних апаратів в електричній мережі напругою 10 кВ.

Вибір перерізу провідників в електричній мережі напругою 10кВ:

Для системи внутрішньозаводського електропостачання машинобудівного заводу в якості провідників застосовуються кабелі. Величини перерізів кабелів вибираються так, щоб забезпечити для електричної мережі:

а) у нормальному режимі – задану пропускну здатність, допустимі для цього режиму відхилення напруги, економічність;

б) у форсованому режимі – необхідну пропускну здатність, допустимі для цього режиму відхилення напруги;

в) в аварійному режимі – електробезпечність, непошкоджуваність («живучість»).[6, с.64]

Двотрансформаторна цехова ТП № 1 живиться від РП за магістральною схемою.

Вибір перерізу кабельної лінії проводиться у три етапи:

Вибір перерізу провідників за нормальним режимом

Номінальний первинний струм трансформатора визначають за формулою:

$$I_{НОМ.Т.1} = \frac{S_{НОМ.Т}}{\sqrt{3}U_{НОМ.Т.1}} \quad (1.65)$$

де $S_{НОМ.Т}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА (табл. 1.6);

$U_{НОМ.Т.1}$ - номінальна первинна напруга трансформатора, кВ.

$$I_{НОМ.ТП.1} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10} = 153.96 \text{ A}$$

$$I_{НОМ.ТП.1} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 10} = 240.563 \text{ A}$$

$$I_{НОМ.ТП.1} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 96.225 \text{ A}$$

Провідники будь-якого призначення мають задовольняти вимогам тривалого їхнього нагрівання струмами як нормального, так і максимального режимів роботи. Окрім того, вартість провідника і втрат електроенергії в ньому повинні бути мінімальними. У зв'язку з цим переріз провідників з напругою вище 1 кВ вибирають за економічно вигідною густиною струму $J_{ек}$ для навантаження нормального режиму.

Оскільки живлення відбувається за змішаною схемою, то струм на ділянках між ТП буде різним. Так на ділянці від ЦРП до першої і другої ТП струм буде найбільшим, тож необхідно для цих ділянок обрати кабель певного перерізу з урахуванням наступних зауважень.

$$I_{НОМ1} = I_{НОМТП.1} + I_{НОМТП.3} = 250.185 \text{ A}$$

$$I_{НОМ2} = I_{НОМТП.2} = 240.563 \text{ A}$$

Економічно вигідний переріз провідників визначається так:

$$S_{ек} = \frac{I_H}{J_{ек}}, \text{ мм}^2 \quad (1.66)$$

де I_H - струм нормального режиму. А;

$J_{ек}$ - нормоване значення економічно вигідної густини струму, А/мм² (береться з додатку 7), $J_{ек}=3,1$ А/мм². [6, с.64-65]

$$S_{ек} = \frac{250.185}{3,1} = 80.705 \text{ мм}^2 \quad S_{ном1} = 95 \text{ мм}^2$$

$$S_{ек} = \frac{240.563}{3,1} = 77.601 \text{ мм}^2 \quad S_{ном2} = 95 \text{ мм}^2$$

Перевірка перерізу провідників за максимальним режимом:

Режим максимального навантаження провідників може призвести до його перегрівання з порушенням не тільки його ізоляції, але й до розплавлювання жил. Тому переріз провідників, вибраний за економічною густиною струму, перевіряють на нагрівання за величиною струму його максимальною навантаження. Для цього допустимий для даного провідника струм з урахуванням відхилення параметрів оточуючого середовища від стандартних умов $I_{доп}''$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{пер}$ (наводяться у таблицях 1.3.1 та 1.3.2 ПУЭ) порівнюють зі струмом його форсованого режиму ($I_{ф}$) з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{рез}$.

При визначенні допустимого тривалого струму для кабелів необхідно враховувати відхилення параметрів оточуючого середовища від стандартних умов (якщо вони мають довготривалий характер) за допомогою поправочних коефіцієнтів $K_{пр}$ та $K_{сер}$:

$$I_{доп} = K_{пр} K_{сер} I_{доп}, \text{ А} \quad (1.67)$$

де $K_{пр}$ - поправочний коефіцієнт на кількість кабелів, що лежать поруч у землі ($K_{пр}=0,9$);

$K_{сер}$ - поправочний коефіцієнт на температуру оточуючого середовища, якщо вона відрізняється від стандартної;

$I_{доп}$ - допустимий тривалий струм провідника стандартного перерізу для стандартних умов.

Поправочний коефіцієнт на температуру оточуючого середовища можна також обчислити за формулою:

$$K_{сер} = \sqrt{\frac{T_{ж.н.} - T_{сер}}{T_{ж.н.} - T_{сер.н}}} \quad (1.68)$$

де $T_{\text{сер}}$ - фактична температура середовища ($T_{\text{сер}} = 8 \text{ }^\circ\text{C}$);

$T_{\text{ж.н}}$ і $T_{\text{сер.н}}$ - відповідно нормована тривало допустима температура жили ($T_{\text{ж.н}}=65^\circ\text{C}$) та нормована температура середовища ($T_{\text{сер.н}}=15^\circ\text{C}$).

$$K_{\text{сер}} = \sqrt{\frac{65-8}{65-15}} = 1.068$$

$$I_{\text{доп1}} = 0,9 \cdot 1.068 \cdot 400 = 384.375 \text{ A}$$

$$I_{\text{доп2}} = 0,9 \cdot 1.068 \cdot 400 = 384.375 \text{ A}$$

Допустимий для даного провідника струм з урахуванням відхилення параметрів оточуючого середовища від стандартних умов $I_{\text{доп}}$ та коефіцієнтів допустимого перевантаження $K_{\text{пер}}$ порівнюють зі струмом його форсованого режиму ($I_{\text{ф}}$) з урахуванням коефіцієнта резервування $K_{\text{рез}}$.

Якщо у вихідних даних не заданий коефіцієнт попереднього навантаження, то береться $K_{\text{пер}}=1$. Для двотрансформаторних підстанцій приймається $K_{\text{рез}} = 1,4$; а для однострансформаторних підстанцій - $K_{\text{рез}} = 1,3$.

$$K_{\text{пер}} I_{\text{доп}} \geq I_{\text{ф}} = K_{\text{рез}} I_{\text{н}}, \text{ A} \quad (1.69)$$

$$1 \cdot 384.375 = 384.375 \geq I_{\text{ф}} = 1,4 \cdot 250.185 = 350.259 \text{ A}$$

$$1 \cdot 384.375 = 384.375 \geq I_{\text{ф}} = 1,4 \cdot 240.563 = 336.788 \text{ A}$$

Перевірка обраного перерізу провідників на термічну стійкість:

Для спрощення розрахунків термічна здатність може бути оцінена найменшим перерізом провідника (мм^2) термостійким до струмів КЗ:

$$S_{\text{мін}} = \frac{\sqrt{B_{\text{к}}}}{C}, \text{ мм}^2 \quad (1.70)$$

де $B_{\text{к}}$ -тепловий імпульс струму КЗ, $\text{A}^2\text{с}$;

C - температурний коефіцієнт, який враховує обмеження допустимої температури провідника ($C=118 \text{ A}\cdot\text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$).

Тепловий імпульс визначається як:

$$B_{\text{к}} = I_{\text{к}}^2 t, \text{ A}^2\text{с} \quad (1.71)$$

де $I_{\text{к}}$ - початкове значення періодичної складової струму трифазного КЗ, А;

t - дійсний час вимикання КЗ, с.

Величина дійсного часу вимикання КЗ визначається так:

$$t = t_{\text{зах}} + t_{\text{вимик.в}} + T_a, \text{ с} \quad (1.72)$$

де $t_{\text{зах}}$ - час дії основного РЗ ($t_{\text{зах}} = 0,1 \text{ с}$);

$t_{\text{вимик.в}}$ - час вимикання вимикача ($t_{\text{вимик.в}} = 0,05 \text{ с}$);

T_a - стала часу аперіодичної складової струму КЗ ($T_a = 0,05 \text{ с}$).

$$t = 0,1 + 0,05 + 0,05 = 0,2 \text{ с}$$

Тоді:

$$B_K = 10,146^2 \cdot 0,2 = 20,589 \cdot 10^6 \text{ A}^2 \cdot \text{с}$$

Визначаємо найменший переріз провідника, термостійкий до струмів КЗ:

$$S_{\text{мін}} = \frac{\sqrt{20,589 \cdot 10^6}}{114} = 39,803 \text{ мм}^2$$

Кожен з перерізів пройшов перевірку на термічну стійкість, тому їх не потрібно збільшувати. [6, с.66-68]

Вибір електричних апаратів в електричній мережі напругою 10 кВ:

Розподільні пристрої НН ЦРП та РП складаються із комірок КРП. У склад комірки входять комутаційні та захисні апарати, ТС, вимірювальні прилади та ін.

Вибір електричних апаратів (ЕА) напругою понад 1 кВ здійснюють за такими умовами:

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

$$U_{\text{ном.ЕА}} \geq U_{\text{ном.м}}, \quad (1.73)$$

де $U_{\text{ном.ЕА}}$ - номінальна напруга ЕА;

$U_{\text{ном.м}}$ - номінальна напруга мережі, в якій знаходиться ЕА.

2) допустимого нагрівання струмами в тривалому режимі

$$I_{\text{ном.ЕА}} \geq I_{\text{ф}}, \quad (1.74)$$

де $I_{\text{ном.ЕА}}$ - номінальний струм ЕА;

$I_{\text{ф}}$ - струм форсованого режиму (максимальний робочий струм).

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

4) параметрів основної функціональної характеристики: для комутаційних ЕА це струм вимикання (вмикання) при КЗ (комутаційна здатність), для ЕА захисту – номінальний струм плавкої вставки запобіжника чи вставка розчеплювача автомата, для ТС – це опір навантаження вторинного ланцюга.

5) струм електродинамічної стійкості

$$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}, \quad (1.75)$$

де $i_{\text{дин}}$ – струм електродинамічної стійкості ЕА;

$i_{\text{уд}}$ – розрахунковий ударний струм.

б) перевірка на термічну стійкість при КЗ

$$I_{\text{т}}^2 t_{\text{т}} \geq I_{\text{к}}^2 t, \quad (1.76)$$

де $I_{\text{к}}$ і t – розрахункові параметри струму КЗ і розрахункової тривалості вимикання КЗ.[6, с. 72]

Вибір високовольтного вимикача:

За результатами розрахунків для комірок №1,3 і 6 вибираються високовольтні вакуумні вимикачі ВВ/TEL-10-12,5/630-У2 (виробник – «Таврида Електрик Україна», м. Севастополь). Розрахункові та каталожні дані вимикачів наводяться в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Розрахункові та каталожні дані високовольтного вимикача

Умови вибору та перевірки	Каталожні дані вимикача ВВ/TEL-10-12,5/630-У2	Розрахункові дані
За номінальною напругою $U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.м}}$	$U_{\text{ном.в}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.в}} = 10 \text{ кВ}$
За номінальним струмом $I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{ф}}$	$I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А}$	$I_{\text{ф}} = 162 \text{ А}$
Вид установки, відповідність навколишньому середовищу	У2	Для роботи в районах з помірним кліматом в приміщеннях з вільним доступом зовнішнього повітря
За здатністю вимикання $I_{\text{ном.вимк}} \geq I_{\text{п0}}$	$I_{\text{ном.вимк}} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{\text{п0.К1}} = 6,65 \text{ А}$

Продовження таблиці 1.11

Умови вибору та перевірки	Каталожні дані вимикача ВВ/TEL-10-12,5/630-У2	Розрахункові дані
За динамічною стійкістю $i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд.К1}}$	$i_{\text{дин}} = 25 \text{ кА}$	$i_{\text{уд.К1}} = 15,35 \text{ кА}$
За термічною стійкістю $B_{\text{тер.доп}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{тер.норм}}^2 t_{\text{вимк}} = 12,5^2 \cdot 0,29 = 45,3 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{\text{к}} = 6,65^2 \cdot 0,65 = 28,74 \text{ кА}^2\text{с}$

Даний вибір проводився для ТП 1, 3 і 6. Для інших ТП даний тип силового вимикача підходить також. Тому проводити вибір не будемо.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА І КОМПОНОВКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ЦРП

2.1. Розробка структурної схеми електричної частини ТП.

Для розробки структурної схеми електричної частини ТП з даних дипломного проекту використовуємо електроприймачі першої категорії, один кабель та один повітряний ввід на трансформаторну підстанцію (ЦРП) та два рівня високої напруги 35 і 10 кВ.

Три ТП мають два незалежних високовольтних вводи (G_1 і G_2). Встановлення високовольтного секційного пристрою АВР для системи електропостачання доцільне лише на ЦРП. При цьому резервується зовнішнє електропостачання для всієї внутрішньої мережі підприємства і мінімізується час переривання електропостачання у разі відмови одного із джерел.

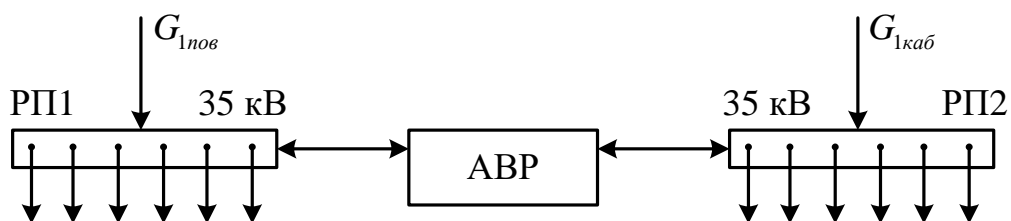


Рис. 2.1. Схема увімкнення АВР

Для розробки структурної схеми високовольтних РП потрібно дотримуватися наступними рекомендаціями.

У транзитних ТП, яка мають два незалежні високовольтні вводи електроживлення і дві або більше вхідних ліній (фідерів) – високовольтний РП слід виконувати з однією секціонованою системою шин, передбачивши об'єднання секцій В1 і В2 за допомогою керованого вручну комутаційного апарату (як правило, двох роз'єднувачів). Така схема дозволить жити від ТП електроприймачі 2-ї категорії, а при використанні пристрою АВР на рівні 10 кВ – приймачі першої категорії.

Кафедра АЕМ				НАУ 21.02.22.000 ПЗ			
Розробив	Слебезюк Є.С.			РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЧАСТИНИ ТП	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник	Козлов В. Д.						50
Консультант					141 ЕС-411Б		
Нормоконтр	Козлов В.Д..						
Завідув. каф.	Захарченко В.П.						

Встановлення високовольтного секційного пристрою АВР для СЕП за двопроменевою схемою доцільно лише на центральній розподільній підстанції або головній понижувальній підстанції підприємства, на яку підводяться два зовнішні централізовані незалежні джерела електроживлення.

При цьому резервується зовнішнє електропостачання для всієї «внутрішньої» мережі і мінімізується час переривання електропостачання у випадку відмови одного із джерел.[8, с.5-7]

2.2.Розрахунок струмів у РП-10 кВ.

Із вихідних даних та результатів розрахунків у розділі 1 відомо, що від кожної з секції РП-10 кВ відходить по 3 лінії до цехових ТП №1 (цехи 1, 3 і 6), ТП №2 (цех 2) і ТП №3 (цехи 4,5 і 7) з навантаженням:

$$\text{на } B_5 \text{ і } B_6 - S_{\Sigma 1,3,6} = S_1 + S_3 + S_6 = 1423 + 1305,8 + 1384,6 = 4113,4 \text{ кВА};$$

$$\text{на } B_7 \text{ і } B_8 - S_{\Sigma 2} = S_2 = 1663,4 \text{ кВА};$$

$$\text{на } B_9 \text{ і } B_{10} - S_{\Sigma 4,5,7} = S_4 + S_5 + S_7 = 1071 + 1338,3 + 2950,5 = 5359,8 \text{ кВА};$$

$$\text{на ККУ1 і ККУ2 } S_{KKV1} = S_{KKV2} = 900 \text{ кВА}.$$

Розраховуємо загальний струм, який споживається, тобто струм підведений на секції за формулою:

$$I_{en} = \frac{S_{\Sigma}}{\sqrt{3}U_{ном}}, \quad (2.1)$$

$$\text{на } B_5 \text{ і } B_6 - I_{5,6} = \frac{4113,4}{\sqrt{3} \cdot 10} = 237 \text{ А};$$

$$\text{на } B_7 \text{ і } B_8 - I_{7,8} = \frac{1663,4}{\sqrt{3} \cdot 10} = 96 \text{ А};$$

$$\text{на } B_9 \text{ і } B_{10} - I_{9,10} = \frac{5359,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 310 \text{ А};$$

$$\text{на ККУ1 і ККУ2 } I_{KKV} = \frac{900}{\sqrt{3} \cdot 10} \approx 52 \text{ А}.$$

де m - кількість електроприймачів; S_{en} - навантаження на кожній лінії;
 $U_{ном}$ - напруга (10 кВ).

Розрахуємо максимальний робочий струм на шинах 10 кВ:

$$I_{A \text{ роб } max} = I_{5,6} + I_{7,8} + I_{9,10} + 2I_{KKV} = 695 \text{ А}.$$

Отримане значення струмів нанесемо на розрахункову схему (рис. 2.3).

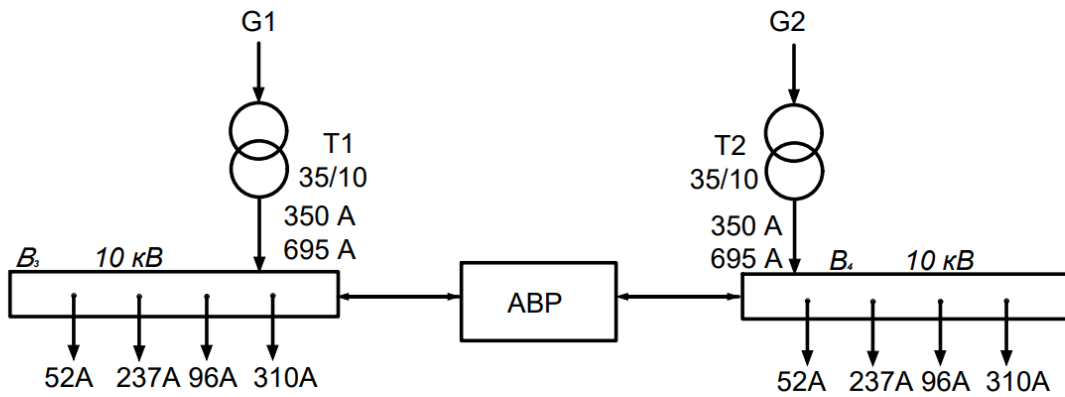


Рис. 2.2. Розрахункова схема струмів у РП-10 кВ

Крім відвідних ліній до високовольтної шини приєднані силові трансформатори. Для визначення струму, спожитого їм від високовольтної шини використовуємо раніше отримані значення робочих струмів трансформатора по стороні 10 кВ, який дорівнює загальному струму, що протікає до секції В3 і В4.

Враховуючи те, що коефіцієнт трансформації силового трансформатора в нашому прикладі $35 \text{ кВ}/10 \text{ кВ} = 3,5$, то струми на вході трансформатора будуть в 25 разів меншими струмів на виході (без врахування втрат у самому трансформаторі). Тоді струми на високовольтному (35 кВ) вході трансформаторів становлять:

$$I_{T1} = \frac{695}{3,5} = 198 \text{ А};$$

$$I_{T2} = \frac{695}{3,5} = 198 \text{ А}.$$

Додавши струми, що відходять від високовольтних шин В1 і В2 отримуємо струми на ввіді від джерел G1 і G2:

$$I_{G1} = nI_{л} + I_{T1} = 1298 \text{ А};$$

$$I_{G2} = nI_{л} + I_{T2} = 1298 \text{ А},$$

де n - кількість ліній, що відгалужуються від В1 (6 ліній по 100 А) і В2 (5 ліній по 100 А).

Розрахуємо робочий максимальний струм

$$I_{роб \text{ max}} = I_{G1} + I_{G2} = 2596 \text{ А}.$$

Отримане значення струмів у високовольтному РП-35 кВ нанесемо

на розрахункову схему (рис. 2.4).

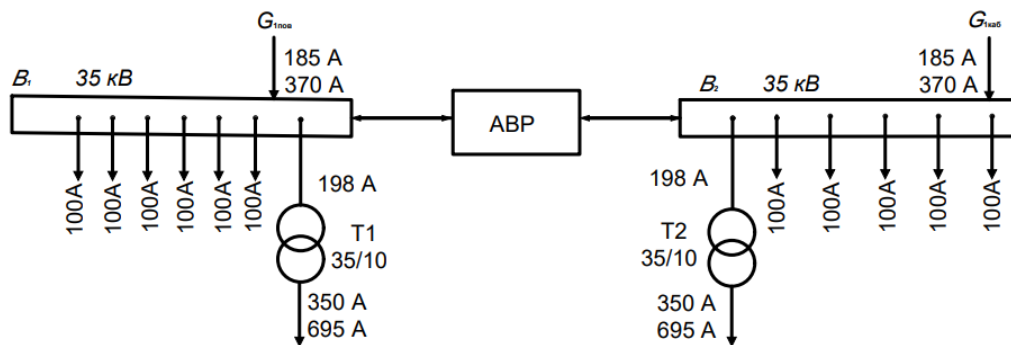


Рис. 2.3. Розрахункова схема РП-35 кВ

Тепер, знаючи всі струми, можемо об'єднати розрахункові схеми РП-10 кВ і РП-35 кВ (рис.2.4).[8, с.10-14]

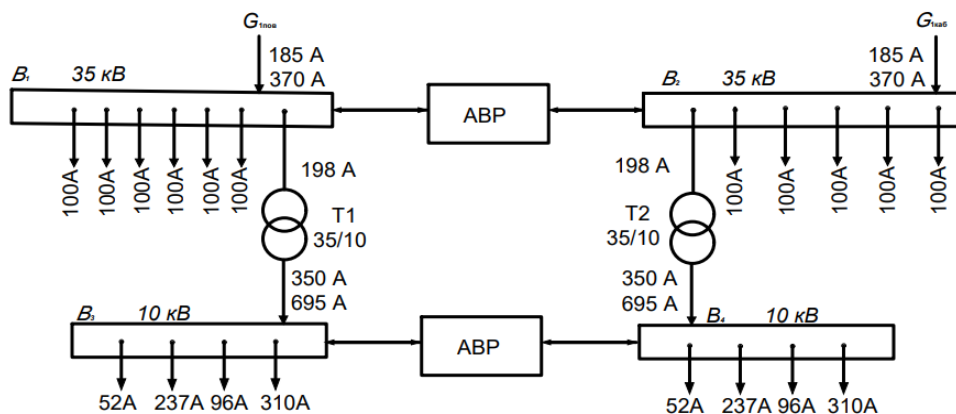


Рис. 2.4. Розрахункова схема РП-10 кВ і РП-35 кВ

2.3.Компоновка високовольного РП-10 кВ.

Для компоновання високовольного РП із серії КРП потрібно обґрунтувати доцільність різних видів високовольних комутаційних апаратів (роз'єднувачів, вимикачів навантаження, і силових вимикачів) відштовхуючись від таких рекомендацій.

- на підстанціях, де максимальні робочі струми на відхідних лініях не перевищують 630 А, доцільно використовувати дещо дорожчі вимикачі навантаження, а захист відхідної лінії виконати на високовольних запобіжниках;

- на підстанції, де передбачається установлення релейного захисту, телемеханіки або автоматики (АПВ, АЧР), звичайно це ЦРП (ГПП), так само необхідно використати КРП із силовими вимикачами з відповідними приводами.

Також потрібно передбачити наявність вимірювальних трансформаторів напруги та струму (для підключення вольтметрів, амперметрів лічильників енергії, пристроїв РЗіА тощо).

У випадку проведення профілактичних робіт (ремонтних) на збірних шинах РП останні мають бути заземлені. Для цього доцільно передбачити в РП наявність облаштувань стаціонарного заземлення збірних шин.

Виходячи з того, що максимальний робочий після аварійний струм на вводі проектованої ТП дорівнює 695 А на вводі використаємо комірки з дорогими силовими вимикачами. Серією D-12 на 6 і 10 кВ ТОВ «Вектор», яка комплектується силовими вимикачами і вимикачами навантаження. Камери цієї серії і поспробуємо використати для компонування РП-10кВ. [8, с.29-30]

1. Перевіримо відповідність технічних характеристик камер серії D-12 за такими параметрами:

- за номінальною напругою

$$U_{ном} = 10 \text{ кВ} \geq U_{мер} = 10 \text{ кВ};$$

- за номінальним струмом

$$I_{ном} = 1600 \text{ А} \geq I_{мер} = 695 \text{ А}.$$

2. Для ввімкнення вхідних ліній у яких максимальний робочий струм 695 А, необхідно використовувати камери із силовими вимикачами. В нашому випадку виберемо силовий вимикач серії КРУЕ-10ст - №12В у якій додатково встановлено вимірювальний трансформатор для контролю напруги на вводі.

3. Для приєднання до збірних шин ліній Л1-Л6 і Л8-Л14 доцільно використовувати камери із силовими вимикачами. Це камери № 04; 05; 06 і 09. Камера 04 оснащена високовольтним запобіжником, а 05 і 06 ще й трансформаторами струму. Приймаючи, що необхідно мати захист відвідних ліній від струмів КЗ і перевантажень зупинимося на камері №06.

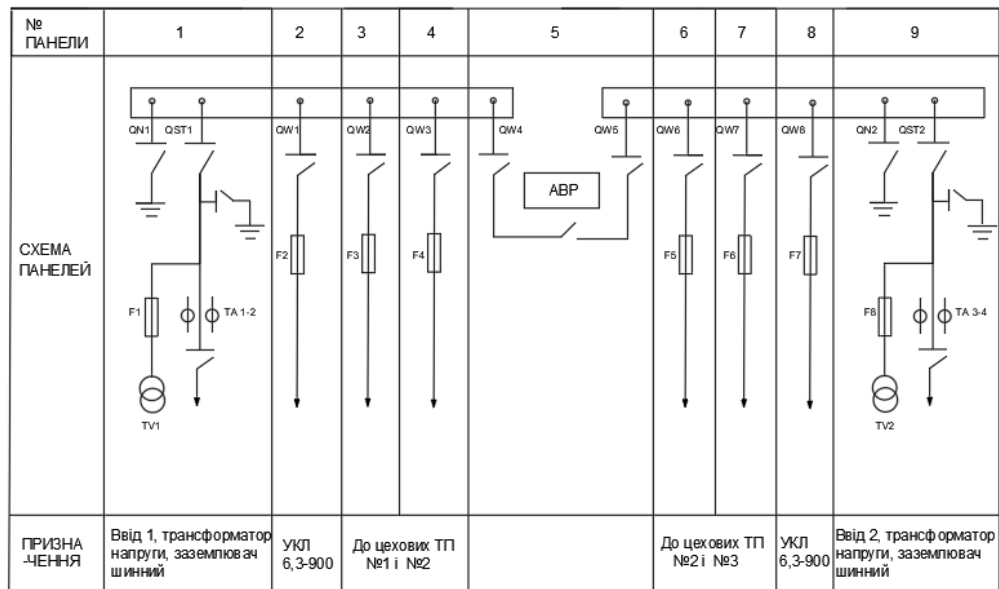


Рис. 2.5. Компонування РП-10 кВ

Для під'єднання силових трансформаторів до збірних шин використаємо камеру №09.

2.4. Компонування РП-35 кВ.

Розглянемо послідовність компонування РП-35 кВ.

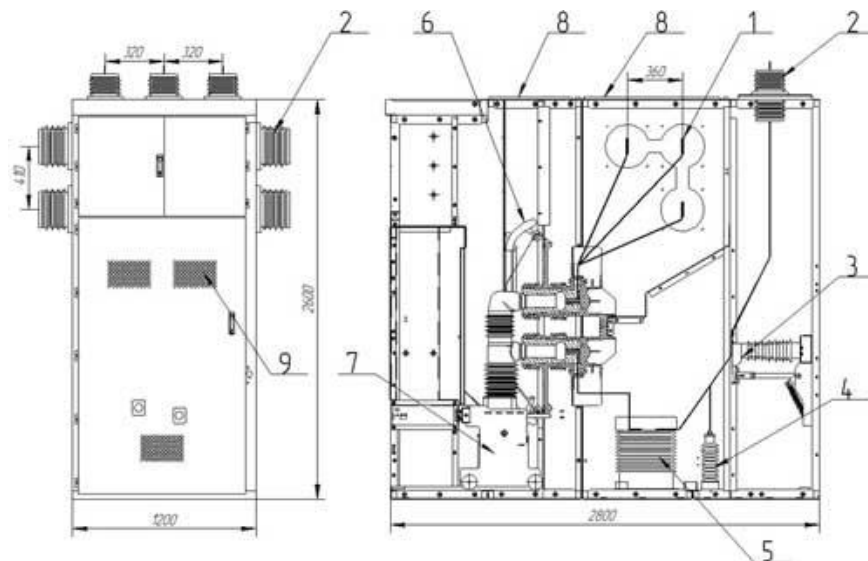


Рис.2.6. Комплексний розподільчий пристрій серії KV208ЭД

1-Збірні шини. 2-Прохідні ізолятори. 3-Заземлювальні ножі (механізм заземлювача). 4-Обмежувачі перенапруги. 5-Трансформатори струму. 6-Шторковий механізм з блокувального пристрою. 7-Вимикач вакуумний на викочування елементі візок. 8-Оглядові вікна.

Для перевірки можливості компонування РП-35 кВ із панелей KV208ЭД, враховуючи, що максимальний струм РП-35 кВ 370 А, звіримо їх технічні характеристики:

- за номінальною напругою

$$U_{ном} = 35 \text{ кВ} \geq U_{мер} = 35 \text{ кВ};$$

- за номінальним струмом

$$I_{ном} = 630 \text{ А} \geq I_{мер} = 370 \text{ А}.$$

Як бачимо умови для панелі серії КВ208ЭД виконуються. Для підключення вводу від силового трансформатора використовуємо ввідні панелі. Таких панелей треба встановити 2, отже нам необхідно підвести Т1, Т2. [11]

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломного проекту були отримані навички самостійного застосування відомостей з систем електропостачання, які були отримані при вивченні теоретичного матеріалу, в процесі роботи ознайомилися і виконали конкретних методики розрахунків. На практиці засвоїли теоретичні та практичні знання, отриманих при вивченні базових дисциплін спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

В результаті розрахунків, були встановлені такі схеми та технічні рішення, при яких у нормальному режимі система характеризується економічністю, у післяаварійному режимі забезпечує заданий рівень надійності електропостачання за рахунок перевантажувальної спроможності елементів СЕП, а в аварійному режимі – швидко і вибірково вимикається пошкоджений елемент або ділянка мережі.

У першому розділі проведеної роботи було розраховане електричне навантаження підприємства, яке складає $S_{p.n} = 10023$ кВА. Вибрані трансформатори ЦРП типу ТМН-4000/35 та цехові ТП, вибрана схема і конструктивне виконання розподільної мережі напругою 10

кВ. Вибрана схема внутрішньозаводського електропостачання машинобудівного заводу і конструктивне виконання електричної мережі задовольняє вимогам надійності. Схема виконана таким чином, що при її експлуатації зменшено до мінімуму можливі втрати електроенергії та забезпечене безпечне обслуговування електрообладнання заводу. Також були встановлені компенсуючі пристрої для забезпечення високого значення коефіцієнта потужності. За економічною густиною струму вибрані для нормального та максимального режиму.

Основним завданням при виконанні даного проекту було розробити таку систему внутрішньозаводського електропостачання, яка зможе забезпечити споживачів електроенергією необхідної кості при заданій надійності електропостачання. Для вирішення цього завдання проводимо розрахунки працездатності СЕП в нормальних, аварійних і післяаварійних режимах. Відповідно до цього, розглядається два варіанти виконання системи

електропостачання, та вибирається той з них, де забезпечується економічність та стійка робота СЕП.

У другому розділі роботи була розроблена структурна схема електричної частини ТП РУ-10 кВ, розраховали робочі струми для перевірки надійності обраних апаратів та розробили компоновку РУ-10 кВ.

Після аналізу схем електропостачання була обрана схема №2, яка є економічно вигідною і має більший рівень надійності. Схема №1 теж є придатною для використання, але порівняно з схемою №2, її вартість більша при однакових показниках.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ ТА ЕЛЕКТРОННИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: навч.посіб. / В. Г. Рудницький. – Суми : Університетська книга, 2013. – 286 с.
2. Правила улаштування електроустановок ПУЕ-2009. – Х. :Вид-во «Форт», 2009. – 700 с.
3. Маліновський А. А. Основи електропостачання : навч. посіб. / А. А. Маліновський, Б. К. Хохулін. – Л. : Вид-во Національного ун-ту«Львівськаполітехніка», 2005. – 324 с.
4. Шкрабець Ф.П. Ш 64 Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П.Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. – Д.: НГУ, 2015. – 540 с.
5. Електричні системи та мережі: Навчальний посібник / Т 338 В. П. Захарченко, С. В. Єнчев, В. В. Тихонов, Н. Д. Красношарпа. – К.: НАУ, 2020. – 351 с.
6. Методичні вказівки до курсового проекту з дисципліни “Електричні системи та мережі; для підготовки спеціалістів за напрямком 6.0906 – електротехніка. /Укл. В. П. Захарченко, В.В. Тихонов - Київ: НАУ, 2004. - 133 с.
7. Захарченко В.П., Тихонов В.В. З 382 Проектування електропостачання авіаційного підприємства: Навч.-методич. посібник. □ К.: НАУ, 2006. – 68 с.
8. Електрична частина станцій та підстанцій: методичні рекомендації до виконання курсового проекту / Уклад.: В. Д. Козлов, Т. А. Мазур, Н. П. Соколова – К. : Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2016. – 34 с.
9. <http://www.electroshield.ru/catalog/184/>
10. <http://www.vzep.vitebsk.by/products.html>
11. https://electrograd.com.ua/product_39.html
12. http://www.cztt.ru/ru/tzlm_1.html

ДОДАТОК 1

Орієнтовні значення питомої установленої потужності загального освітлення цехів

Назва цеху	Питома потужність, Вт/м ²
Механічні, ремонтно-механічні цехи	11 - 16
Мехашчно-складальні, цехи дрібихсерій цехи дрібних серій	12- 19
Інструментальні цехи	15 - 16
Компресорна станція	17 - 18

Примітка - Для люмінесцентних джерел світла приймаються менші, а для ламп розжарювання - більші значення питомої потужності.

ДОДАТОК 2

Технічні дані синхронних електродвигунів типу СДН-2, СДН3-2, СДТ

Тип	$P_{ном},$ кВт	$U_{ном},$ кВ	$\eta_{ном}, \%$	$n_{ном},$ об/хв	$X_{d(ном)},$ в.о.
СДН-2-16-31-6	800	6	95,3	1000	0,169
СДН-2- 16-36-6	1000	6	95,5	1000	0,182
СДН-2- 16-59-6	1600	6	96,2	1000	0,157
СДН-2-16-36-8	800	6	94,9	750	0,192
СДН-2- 16-46-8	1000	6	95,4	750	0,181
1 СДН-2- 16-44- 10	800	6	95,1	600	0,213
СДН-2- 17-44- 10	1250	6	95,5	600	0,189
СДН-2- 15-36- 12	500	6	93,7	500	0,200
СДН3-2- 18-49- 12	1600	10	94,6	500	0,156
СДН3-2-18-61-12	2000	10	95,9	500	0,140
СДН3-2- 18-39- 16	1000	10	94,0	375	0,197
СДН3-2- 18-49- 16	1250	10	93,8	375	0,184
СДН3-2- 18-61 -16	1600	10	95,1	375	0,190
СДН3-2- 18-49-20	1000	10	94,6	300	0,164
СДН3-2- 19-34-20	1250	10	95,3	300	0,206
СДН3-2- 19-44-20	1600	10	95,7	300	0,179
СДН3-2- 19-54-20	2000	10	94,8	300	0,184
СДН3-2-19-44-24	1250	10	93,2	250	0,199
СДН3-2- 19-54-24	1600	10	93,8	250	0,202
СДН3-2-20-41-24	2000	10	94,6	250	0,211
СТД-630-2	630	6	95,8	3000	0,147
СТД-630-2	630	10	95,6	3000	0,143
СТД-800-2	800	6	96,0	3000	0,143
СТД-800-2	800	10	95,8	3000	0,145
СІ Д- 1000-2	1000	6	96,3	3000	0,133
СТД- 1000-2	1000	10	96,0	3000	0,128
СТД- 1250-2	1250	6	96,8	3000	0,138
СІ Д- 1250-2	1250	10	96,5	3000	0,137
СІ Д- 1600-2	1600	10	96,6	3000	0,134
СТД-2000-2	2000	10	96,8	3000	0,133

ДОДАТОК 3

Технічні дані трифазних масляних двохобмоткових трансформаторів загального призначення з напругою 35-ІІ 0/6,3(6,6)-11(10,5) кВ

Тип	Номинальна потужність, кВА	Сполучення напруг,		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМН-2500/35	2500	35	6,3; 11	5,1	24,3	6,5	1,1
ТМН-4000/35	4000	35	6,3; 11	6,7	33,5	7,5	1,0
ТМН-6300/35	6300	35	6,3, 11	9,4	46,5	7,5	0,9
ТДН-10000/35	10000	36,7 5	6,3; 10,5	14,5	65,0	8,0	0,8
ТМН-2500/110	2500	ПО	6,6; 11	5,0	22,0	10,5	1,5
ТМН-4000/110	4000	115	6,6; 11	7,7	28,2	10,5	1,2
ТМН-6300/110	6300	115	6,6 11	11,5	33,5	10,5	1,0
ТДН-10000/110	10000	115	6,6; 11	14,0	60,0	10,5	0,9

ДОДАТОК 4

Технічні дані трифазних масляних двохобмоткових трансформаторів загальною призначення з напругою 6-10/0,4-0,69 кВ для комплектних трансформаторних підстанцій

Тип	Номинальна потужність, кВА	Номинальна напруга, кВ		Втрати, кВт		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %
		ВН	НН	ХХ	КЗ		
ТМ-100/10	100	6; 10	0,4; 0,69	0,33	1,97	4,5	2,6
ТМ-160/10	160			0,51	2,65	4,5	2,4
ТМЗ-250/10	250			0,74	3,7	4,5	2,3
ТМЗ-400/10	400			0,95	5,5	4,5	2,1
ТМЗ-630/10	630			1,31	7,6	5,5	1,8
ТМЗ1000/10	1000			1,90	10,8	5,5	1,2
ТМЗ-1600/10 ^і	1600			2,65	16,5	6,0	1,0
ТМЗ-2500/10	2500			3,75	24,0	6,0	0,8

ДОДАТОК 5

Комплекти конденсаторні установки з номінальною напругою 400 В ЗАТ "СІЛКОН-КВАР", м. Київ

Типономшал	Потужність, квар	Ступінь регулювання, квар	Відпускна ціна, грн	Габаритні розміри, мм
УКРП-0,4-25-5УЗ	25	5	5238	800x600x300
УКРП-0,4-35-5УЗ	35	5	5670	800x600x300
УКРП 0,4-45-5УЗ	45	5	5940	800x600x300
УКРП-0,4-50-10УЗ	50	10	6318	800x600x300
УКРП-0,4-55-5УЗ	55	5	6480	800x600x300
УКРП-0,4-60-10УЗ	60	10	6588	800x600x300
УКРП-0,4-70-10УЗ	70	10	7128	800x600x300
УКРП-0,4-80-10УЗ	80	10	8100	800x600x300
УКРГТ 0,4-90- 10УЗ	90	10	9720	1200x600x300
УКРП G,4- 100- 10УЗ	100	10	12420	1200x600x300
УКРП0,4-105-5УЗ	105	5	12636	1200x600x300
УКРПО,4-110-10УЗ	110	10	12690	1200x600x300
УКРПО,4-120-20УЗ	120	20	12852	1200x600x300
УКРПО,4-140-20УЗ	140	20	13392	1200x600x300
УКРП0,4-150-10УЗ	150	10	14040	1800x600x450
УКРПО,4-160-20УЗ	160	20	14364	1800x600x450
УКРП0,4-180-20УЗ	180	20	15390	1800x600x450
УКРП 0,4-200-20УЗ	200	20	16524	1800x600x450
УКРП 0,4-220-20УЗ	220	20	17604	1800x800x450
УКРП 0,4-225-25УЗ	225	25	17796	1800x800x450
УКРП 0,4-240-20УЗ	240	20	18819	1 800x800x450
УКРП 0,4-260-20УЗ	260	20	21519	1800x800x450
УКРП 0,4-300-20УЗ	300	20	23463	1800x800x450
УКРП 0,4-320-20УЗ	320	20	24435	1800x800x450
УКРП 0,4-360-40УЗ	360	40	25650	1800x1200x450
УКРП 0,4-375-25УЗ	375	25	25896	1800x1200x450
УКРП 0,4-400-40УЗ	400	40	26109	1800x1200x450
УКРП 0,4-475-25УЗ	475	25	31950	1800x1200x450
УКРП 0,4-480-40УЗ	480	40	32208	1800x1200x450
УКРП 0,4-520-40УЗ	520	40	33210	11800x1600x45
УКРПО,4-525-25УЗ	525	25	33210	1800x1600x450
УКРП 0,4-540-60УЗ	540	60	36018	1800x1600x450
УКРП 0,4-550-50УЗ	550	50	36030	1800x1600x450
УКРП 0,4-600-50УЗ	600	50	43920	1800x1600x450

ДОДАТОК 6

Комплектні конденсаторні установки з номінальною напругою 6,3 і 10,5 кВ

Тип установки	$U_{ном, Кв}$	$Q_{ном, квар}$	Маса, кг	Габарити, мм
УКЛ-6,3-450 УЗ	63	450	600	2210x820x3
УКЛ-6,3-900 УЗ	6,3	900	885	3010x820x1
УКЛ-6.3-	6.3	1350	1170	3810x820x1
УКЛ-10,5-450	10,5	450	600	2210x820x1
УКЛ- 10,5-900 УЗ	10,5	900	885	3010x820x1
УКЛ-10,5-і350	10.5	1350	1170	3810x820x1
УКЛ-10.5-2700	10.5	2700	2025	6210x820x1

ДОДАТОК 7

Економічна густина струму

Провідник	Економічна густина струму $.I_{ок}$, А/мм ² , при кількості годин використання максимуму навантаження за рік $T_{макс}$, год		
	від 1000 до 3000	від 3000 до 5000	понад 5000
Неізольовані проводи та шини: мідні алюмінієві	2,5 1,3	2,1 1.1	1,8 1,0
Кабелі з паперовою і проводи з гумовою та полівінілхлоридною ізоляцією з жилами: мідними алюмінієвими	3,0 1,6	2,5 1.4	2,0 1.2
Кабелі з гумовою та пластмасовою ізоляцією з жилами: мідними алюмінієвими	3,5 1,9	3.1 1,7	7 1,6

Примітка - Дані з таблиці 1.3.36 ПУЭ

ДОДАТОК 8

Поправочний коефіцієнт на кількість працюючих кабелів, що лежать поруч у землі (у трубах або без труб)

Відстань між кабелями, мм	Коефіцієнт - $K_{лр}$ при кількості кабелів, шт.					
	1	2	3	4	5	6
100	1,00	0,90	0,85	0,80	0,78	0,75
200	1,00	0,92	0,87	0,84	0,82	0,81
300	1,00	0,93	0,90	0,87	0,86	0,85

Примітка - Дані з таблиці 1.3.26 ПУЭ.

ДОДАТОК 9

Допустимий тривалий струм для кабелів з алюмінієвими жилами з паперовою просоченою маслоканіфольною та нестікаючою масами ізоляцією у свинцевій або алюмінієвій оболонці, що прокладаються у землі

Перері з	Струм, А					
	однoжил ьних до 1 кВ	дво- жилних до 1 кВ	Трижильних з напругою кВ		чотири- жилни х до 1	
			Д	Б		
6	-	60	55	-	-	-
10	110	80	75	60	-	65
16	135	110	90	80	75	90
25	180	140	125	105	90	115
35	220	175	145	125	115	135
50	275	210	180	155	140	165
70	340	250	220	190	165	200
95	400	290	260	225	205	240
120	460	335	300	260	240	270
150	520	385	335	300	275	305
185	580	-	380	340	310	345
240	675	-	440	390	355	-

Примітка - Дані з таблиці 1.3.16 ПУЭ.

ДОДАТОК 10

Значення коефіцієнта С для кабелів з напругою 6 та 10 кВ

Кабель	Коефіцієнт С, Ас ^{1/2} /мм при напрузі кабеля, кВ	
	6	10
Кабелі з алюмінієвими суцільними жилами і паперовою ізоляцією	92	94
Кабелі з алюмінієвими багатодротяними жилами і паперовою ізоляцією	98	100
Кабелі з мідними суцільними жилами і паперовою ізоляцією	140	143
Кабелі з мідними багато дротяними жилами і паперовою ізоляцією	147	150
Кабелі з алюмінієвими жилами і полівінілхлоридною або гумовою ізоляцією	75	78
І Кабелі з мідними жилами і полівінілхлоридною або гумовою ізоляцією	114	118
Кабелі з алюмінієвими жилами і поліетиленовою ізоляцією	62	65
Кабелі з мідними жилами і поліетиленовою ізоляцією	94	98