

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого _____

Кафедра _____ Електропостачання та енергоменеджменту _____

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Блаженко С.І.(підпис)
(прізвище та ініціали)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Балюта С.М.(підпис)
(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2020р.

« ____ » _____ 2020р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
зі спеціальності: 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Електротехніка та електротехнології»
на тему: Розробка системи електропостачання цеху хімічного вловлювання
хімічного комбінату ремонтно-механічного цеху заводу з виробництва
мінеральної води і безалкогольних напоїв та АВР трансформаторів цехових ТП

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ЕЛ-4-4

Гамазинський Назар Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) _____ (підпис)

Керівник Литвин Ірина Юріївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) _____ (підпис)

Консультанти Сірик А.О.
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Рецензент Іващенко Н.В.
(прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2020р.

Національний університет харчових технологій

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім акад І.С. Гулого
Кафедра Електропостачання та енергоменеджменту
Освітній ступінь бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма «Електротехніка та електротехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕПЕМ

/Балюта С.М./

« 08 » квітня 2020 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧА

Гамазинський Назар Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Розробка системи електропостачання цеху хімічного вловлювання хімічного комбінату ремонтно-механічного цеху заводу з виробництва мінеральної води і безалкогольних напоїв та АВР трансформаторів цехових ТП»
керівник проекту (роботи) Литвин Ірина Юріївна

затверджені наказом вищого навчального закладу від «08» 04. 2020 р. № 260- кс

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 03 червня 2020 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____

Характеристики споживачів цеху;

генплан цеху;

струм КЗ на РПВН;

графік зміни реактивної потужності протягом доби

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розрахунок навантаження хімічного цеху; компенсація реактивної потужності;

вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху; розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів; якість електричної енергії;

електричне освітлення; спец питання

охорона праці

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

Однолінійна схема внутрішнього електропостачання цеху;

Силова частина цеху;

Конструктивне виконання п/ст _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Доц. кафедри ЕБ та ОП, К.т.н. Сірик А.О.		

7. Дата видачі завдання 8 квітня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Отримання завдання на дипломне проектування	08.04.2020 р	
2	Розрахунок навантаження арматурного цеху	20.04.2020р	
3	Компенсація реактивної потужності	25.04.2020р	
4	Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху	30.04.2020р	
5	Розрахунок струмів короткого замикання та Вибір електричних апаратів	05.05.2020р	
6	Якість електричної енергії	10.05.2020р	
7	Електричне освітлення	15.05.2020р	
8	Спецпитання	20.05.2020р	
9	Охорона праці	22.05.2020р	
10	Оформлення пояснювальної записки	24.05.2020р	
11	Оформлення графічної частини проекту	30.05.2020р	
12	Подання готової роботи для перевірки на плагіат	3.06.2020	

Здобувач

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

Гамазинський Н.О. Розробка системи електропостачання цеху хімічного вловлювання хімічного комбінату ремонтно-механічного цеху заводу з виробництва мінеральної води і безалкогольних напоїв та АВР трансформаторів цехових ТП.

Дипломний проект на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. Національний університет харчових технологій, Київ, 2020.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів та списку використаної літератури.

Метою роботи є план розробки системи електропостачання, розрахунок електричних навантажень цехових електроприймачів, вибір елементів та розрахунок цехової мережі, розрахунок освітлювальної мережі цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування.

У дипломному проекті розроблено: загальна схема складального цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування, схема електропостачання збирального цеху заводу важкого ковальсько-пресового устаткування, схема освітлювальної мережі цеху. Проаналізовано сучасні системи обліку та контролю електроенергії.

**ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ; ВИРОБНИЧИЙ ЦЕХ; ТРАНСФОРМАТОР;
НАПРУГА; СТРУМ**

Annotation

Gamazynsky NO Development of the power supply system of the chemical capture shop of the chemical plant of the repair and mechanical shop of the plant for the production of mineral water and soft drinks and AVR transformers of the shop TP.

Diploma project for a bachelor's degree in specialty 141 "Electrical Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". National University of Food Technologies, Kyiv, 2020.

The explanatory note consists of an introduction, eight chapters and a list of references.

The purpose of the work is a plan for the development of the power supply system, calculation of electrical loads of shop electrical receivers, selection of elements and calculation of the shop network, calculation of the lighting network of the shop of the plant of heavy forging and pressing equipment.

In the diploma project the following is developed: the general scheme of assembly shop of plant of heavy forging and pressing equipment, the scheme of power supply of assembly shop of plant of heavy forging and pressing equipment, the scheme of lighting network of shop. Modern electricity metering and control systems are analyzed.

POWER SUPPLY; PRODUCTION SHOP; TRANSFORMER; HIGH-VOLTAGE; CURRENT

Аннотация

Гамазинский Н.А. Разработка системы электроснабжения цеха химического улавливания химического комбината ремонтно-механического цеха завода по производству минеральной воды и безалкогольных напитков и АВР трансформаторов цеховых ТП.

Дипломный проект на соискание степени бакалавра по специальности 141 "Электроэнергетика, электротехника и электромеханика". Национальный университет пищевых технологий, Киев, 2020.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав и списка использованной литературы.

Целью работы является план разработки системы электроснабжения, расчет электрических нагрузок цеховых электроприемников, выбор элементов и расчет цеховой сети, расчет осветительной сети цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования.

В дипломном проекте разработаны: общая схема сборочного цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования, схема электроснабжения сборочного цеха завода тяжелого кузнечно-прессового оборудования, схема осветительной сети цеха. Проанализированы современные системы учета и контроля электроэнергии.

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ; ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕХ;
ТРАНСФОРМАТОР; НАПРЯЖЕНИЕ; ТОК

Зміст

Вступ.....	9
Завдання.....	10
1.Розрахунок навантаження цеху хімічного уловлювання.....	13
2.Компенсація реактивної потужності.....	19
3.Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху.....	24
3.1.Вибір типу та розміщення цехової підстанції.....	25
3.2.Вибір кількості й потужності трансформаторів.....	26
3.3.Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв.....	28
3.4.Вибір трас та способів прокладання трас	29
3.5.Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів.....	33
4.Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів.....	37
4.1.Розрахунок струмів короткого замикання.....	38
4.2.Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ.....	48
4.3.Вибір електричних апаратів РП – 10 кВ.....	52
4.4.Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку.....	54

5.Якість електричної енергії.....	58
6.Електричне освітлення.....	61
7.Спеціальна частина.....	68
8.Охорона праці.....	77
Список використаної літератури.....	93

Вступ

Споживачів електроенергії систематизують за експлуатаційно – технічними ознаками: стабільності розташування електроприймачів, вимога до надійності електропостачання, територіальному розміщенню, роду струму, потужності і напрузі, режимам роботи, виробничим зв'язкам, виробничому призначенню.

Під час проєктування енергоспоживання споживачів електроенергії в основному систематизують по режимам роботи, напрузі і роду струму, потужності, по надійності електропостачання.

Надійність, як одна з вимог до системи електроспоживання, визначається числом незалежних джерел живлення і схемою електропостачання. По надійності електропостачання відповідно до вимог ПВЕ електроприймачі поділяються на три категорії.

Завдання дипломного проєкту

В дипломному проєкті ми виконуємо розрахунок цеху хімічного уловлювання .

В табл.1 наведені вихідні дані для розрахунку цеху хімічного уловлювання , а на рис.1 наведений генплан розташування цього устаткування .

Табл.1.

Номер на генплані	Назва електроприймача	Кількість n , шт	Встановлена потужність , кВт	Коефіцієнт використання , K_v	$\cos\varphi / tg\varphi$	Примітки
1 - 4	Механізований освітлювач	4	7	0.73	0.85/0.62	
5 - 17	Механізований освітлювач	13	10	0.73	0.85/0.62	
18 - 19	Наждачний станок	2	20	0.14	0.5/1.73	
20	Токарний станок	1	8	0.14	0.5/1.73	
21 - 22	Свердильні станки	2	4	0.14	0.5/1.73	
23	Кран - балка	1	17	0.1	0.5/1.73	ПВ = 40%
24 - 28	Насос	5	85	0.7	0.8/0.75	
29 - 31	Насос	3	52	0.7	0.8/0.75	
32 - 33	Насос	2	60	0.7	0.8/0.75	
34 - 35	Центрифуга	2	44	0.7	0.88/0.54	
36	Центрифуга	1	18	0.7	0.88/0.54	
37	Вентилятор	1	62	0.7	0.8/0.75	
38 - 43	Насоси	6	120	0.7	0.8/0.75	
44	Теплова завіса	1	17	0.8	0.75/0.88	
45 - 46	Вентилятори	2	16	0.7	0.8/0.75	
47	Нагнітач коксового газу	1	1000	0.5	0.82/0.7	
48 - 50	Нагнітач коксового газу	3	1160	0.5	0.82/0.7	
51 - 52	Нагнітач коксового газу	2	950	0.5	0.82/0.7	
53 - 58	Валоповоротники	6	20	0.5	0.5/1.73	

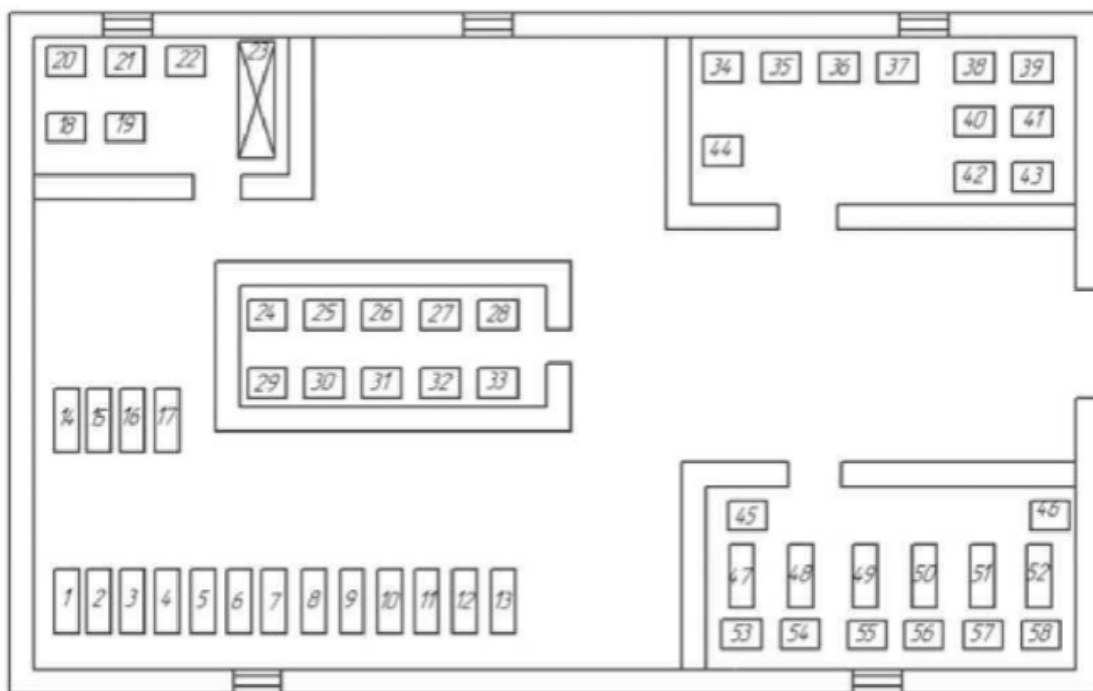


Рис.1 Генплан цеху хімічного уловлювання

Табл.2 Добовий графік реактивної потужності

t, год	$\frac{U_t}{U_H} * 100, \%$
0 - 3	40
3 - 6	40
6 - 9	30
9 - 12	90
12 - 15	60
15 - 18	70
18 - 21	90
21 - 24	40
$\cos\varphi_H$	0,98

Табл.3 Технічні вимоги до електроприймачів цеху

Матеріал проводу живлення електроприймачів 380 В	Cu
Категорійність електроспоживачів	2

Табл.4 Технічні параметри високовольтних електроприймачів підприємства

Номінальна потужність	1600
Тип електродвигуна	СД
Кількість електродвигунів	2
Номінальна напруга	10
Коефіцієнт завантаження	0.8
Віддаль до РП ВН ,м	600

Вихідні дані струму КЗ на з боку ВН цехового ТП:

струм трифазного короткого замикання з боку ВН цехової ТП
 $I_{КЗ} = 10.5 \text{ кА}$.

$T_{НБ} = 3800 \text{ год}$;

площа цеху : $A \times B \times h = 35 \times 45 \times 6$.

Розділ 1. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Розрахунок навантаження цеху хімічного уловлювання

Розрахунок проводитиметься за методикою впорядкованих діаграм, яка поділяє електроспоживачів за режимом роботи – змінні і постійні. Так як даних про режими роботи обладнання, пристрої автоматичного керування цим обладнанням ми не маємо, то методика в даному випадку рекомендує віднести всіх споживачів до групи електроприймачів зі змінним графіком навантаження.

Загальна к-сть електроприймачів цеху хімічного уловлювання – 58.

Щоб не робити розрахунки громіздкими, ми для прикладу будемо розраховувати значення тої чи іншої потужності для однієї групи електроприймачів, а потім записувати сумарний отриманий результат.

Розрахуємо $P_{ном.i}$ для механізованого освітлювача потужністю 7 кВт:

$$P_{ном.i} = n_i * P_{вст.i}$$

$$P_{ном.1-4} = n_{1-4} * P_{вст.1-4} = 4 * 7 = 28 \text{ кВт.}$$

Підсумуємо номінальну потужність:

$$P_{ном} = \sum P_{ном.i} = 8261 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо значення $P_{см}$ для механізованого освітлювача потужністю 7 кВт:

$$P_{\text{см.}i} = K_{\text{в.}i} * P_{\text{ном.}i}$$

$$P_{\text{см.}1-4} = K_{\text{в.}1-4} * P_{\text{ном.}1-4} = 0.73 * 28 = 20.44 \text{ кВт.}$$

Підсумуємо розраховані значення $\sum P_{\text{см.}i}$:

$$P_{\text{см}} = \sum P_{\text{см.}i} = 4390.8 \text{ кВт.}$$

За таким же принципом розрахуємо значення $Q_{\text{см.}i}$:

$$Q_{\text{см.}i} = P_{\text{см.}i} * \text{tg} \varphi_i$$

$$Q_{\text{см.}1-4} = P_{\text{см.}1-4} * \text{tg} \varphi_{1-4} = 20.44 * 0.62 = 12.67 \text{ квар.}$$

Підсумуємо отримані значення $\sum Q_{\text{см.}i}$:

$$Q_{\text{см}} = \sum Q_{\text{см.}i} = 3188.1 \text{ квар.}$$

Розраховуємо груповий коефіцієнт використання для цеху хімічного уловлювання :

$$K_{\text{в}} = \frac{P_{\text{см}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{4390.8}{8261} = 0.53.$$

Ефективна кількість електроприймачів :

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}^2 * n} = \frac{8369^2}{6991183} = 9.76$$

Знаходимо з табл.2.1 літератури [1] :

$$K_{\text{м}} = f(n_e, K_{\text{в}})$$

Табл.1.1.1.

$n_e/K_{\text{в}}$	0.5	0.6
9	1.24	1.19
10	1.21	1.17

Після інтерполяції отримаємо $K_{\text{м}} = 1,322$.

Знайдемо значення $P_{\text{р.с}}$ цеху :

$$P_{\text{р.с}} = K_{\text{м}} * P_{\text{см}} = 1.322 * 4390.8 = 5804.6 \text{ кВт.}$$

Знайдемо значення $Q_{\text{р.с}}$ цеху :

якщо $n_e \leq 10$, то $Q_{\text{р.с}} = 1.1 Q_{\text{см}}$;

$$Q_{p.c.} = 1.1 * Q_{cm} = 1.1 * 3188.1 = 3506.9 \text{ квар.}$$

Розрахуємо S_{pc} (силове):

$$S_{p.c.} = \sqrt{P_{p.c.}^2 + Q_{p.c.}^2} = \sqrt{5804.6^2 + 3506.9^2} = 6781.7 \text{ кВ * А.}$$

Згідно з отриманим значенням S_{pc} розрахуємо значення струму $I_{p.c.}$:

$$I_{p.c.ил} = \frac{S_{p.c.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{6781.7}{\sqrt{3} * 0.4} = 9788.54 \text{ А.}$$

Розрахуємо значення такого параметру як піковий струм електроприймачів. Він виконується слідує наступному принципу – всі електроприймачів працюють в нормальному режимі , а найпотужніший запускається .

Розраховувати це значення будемо за наступною формулою :

$$I_{пик} = i_{пуск}^{max} + (I_{роз} - K_B * I_{ном.i}^{max}),$$

де $i_{пуск}^{max}$ – пусковий струм найпотужнішого двигуна із групи ЕП ;

$I_{p.c.ил}$ – розрахунковий струм всієї групи ЕП , ;

$K_{B.i}$ – коефіцієнт використання найпотужнішого двигуна;

$I_{ном.i}^{max}$ – номінальний струм найпотужнішого двигуна.

Розрахуємо значення $i_{пуск}^{max}$, $I_{ном.i}^{max}$.

Проведемо розрахунок $I_{ном.i}^{max}$:

$$I_{ном.i}^{max} = \frac{P_{ном}^{max}}{\sqrt{3} * U_{ном.мер.} * \cos\varphi * \eta_{ном.дв.}} = \frac{1160}{\sqrt{3} * 0.4 * 0.82 * 0.8} = 2552.3 \text{ А,}$$

$\cos\varphi = 0.65$ – даного двигуна ;

$\eta_{ном.дв.} = 0.8$ – середньостатистичне значення номінальної потужності двигунів.

Виконаємо розрахунок $i_{\text{пуск}}^{\text{max}}$

$$i_{\text{пуск}}^{\text{max}} = K_{\text{пуск}} * I_{\text{ном.і.}}^{\text{max}} = 5 * 2552.3 = 2\ 259.6 \text{ А,}$$

де $K_{\text{пуск}}$ – кратність пускового струму .

Згідно з вищерозрахованими значеннями , знайдемо значення $I_{\text{пік}}$:

$$\begin{aligned} I_{\text{пік}} &= i_{\text{пуск}}^{\text{max}} + (I_{\text{роз}} - K_B * I_{\text{ном.і.}}^{\text{max}}) \\ &= 2\ 259.6 + (9788.54 - 0.5 * 2552.3) = 10\ 772 \text{ А.} \end{aligned}$$

Виконаємо розрахунок значення пікової потужності групи ЕП , що працюють за змінним графіком навантаження :

$$S_{\text{пік}} = \sqrt{3} * U_{\text{ном.мер.}} * I_{\text{пік}} = \sqrt{3} * 0.4 * 10\ 772 = 7463.06 \text{ кВ * А.}$$

Розахуємо значення повної потужності освітлювальних установок за методом питомої потужності.

Для виробничих приміщень , прийmemo $P_{\text{осв}}^{\text{пит}} = 11 \text{ Вт/м}^2$.

Розрахуємо значення площі нашого цеху , визначивши наступні розміри цеху :

$$A \times B = 35 \times 45 = 1575 \text{ м}^2.$$

Активна потужність , освітлювальних установок :

$$P_{\text{р.осв.}} = P_{\text{осв}}^{\text{пит}} * F = 11 * 1575 = 17\ 325 \text{ Вт} = 17.33 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність , освітлювальних установок :

$$Q_{\text{р.осв.}} = P_{\text{р.осв.}} * \text{tg}\varphi = 17.33 * 0.2 = 3.47 \text{ квар ,}$$

$$\text{cos}\varphi = 0.98 \text{ – для LED – ламп, } \text{tg}\varphi = \text{arccos}(0.98) = 0.2.$$

Повна потужність перспективного навантаження від освітлення :

$$S_{\text{р.осв.}} = \sqrt{P_{\text{р.осв.}}^2 + Q_{\text{р.осв.}}^2} = \sqrt{17.33^2 + 3.47^2} = 17.67 \text{ кВ * А.}$$

Струм , повного навантаження від освітлювальних установок :

$$I_{p.осв.} = \frac{S_{p.осв.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{17.67}{\sqrt{3} * 0.4} = 25.5 \text{ A.}$$

На даному етапі можемо розрахувати повну потужність що споживається цехом :

$$\begin{aligned} S_{p.ц.} &= \sqrt{(P_{p.с.} + P_{p.осв.})^2 + (Q_{p.с.} + Q_{p.осв.})^2} \\ &= \sqrt{(5804,6 + 17,33)^2 + (3506,9 + 3,47)^2} \\ &= 6799 \text{ кВ * А.} \end{aligned}$$

Розрахуємо значення повного струму цеху :

$$I_{p.ц.} = \frac{S_{p.ц.}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{6799}{\sqrt{3} * 0.4} = 9814.04 \text{ A.}$$

Табл.1.1.2.

Тип навантаження	P _p ,кВт	Q _p ,квар	S _p ,кВ*А	I _p ,А
Силове	5804.6	3 506.9	6781.7	9788.54
Освітлювальне	17.33	3.47	17.67	25.5
Цехове	5821.9	3510.4	6799	9814.04

Табл.1.1.3.

№	Обладнання	n	P _{ном} , кВт		Kв	cosφ / tgφ		P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	ne	K _m	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВ*А	I _p , А
			одного	всіх		cosφ	tgφ								
1 - 4	Механізований освітлювач	4	7	28	0,73	0,85	0,62	20,4	12,67						
5 - 17	Механізований освітлювач	13	10	130	0,73	0,85	0,62	94,9	58,84						
18 - 19	Наждачний станок	2	20	40	0,14	0,5	1,73	6,8	11,76						
20	Токарний станок	1	8	8	0,14	0,5	1,73	1,12	1,94						
21 - 22	Свердильні станки	2	4	8	0,14	0,5	1,73	1,12	1,94						
23	Кран – балка , ПВ=40%	1	17	17	0,1	0,5	1,73	1,7	2,94						
24 - 28	Насос	5	85	425	0,7	0,8	0,75	297,5	223,1						
29 - 31	Насос	3	52	156	0,7	0,8	0,75	109,2	81,9						

32 - 33	Насос	2	60	120	0,7	0,8	0,75	84	63						
34 - 35	Центрифуга	2	44	88	0,7	0,88	0,54	61,6	33,26						
36	Центрифуга	1	18	18	0,7	0,88	0,54	12,6	6,8						
37	Вентилятор	1	62	62	0,7	0,8	0,75	43,4	32,55						
38 - 43	Насоси	6	120	720	0,7	0,8	0,75	84	63						
44	Теплова завіса	1	17	17	0,8	0,75	0,88	13,6	11,97						
45 - 46	Вентилятори	2	16	32	0,7	0,8	0,75	22,4	16,8						
47	Нагнітач коксowego газу	1	1000	1000	0,5	0,82	0,7	500	350						
48 - 50	Нагнітач коксowego газу	3	1160	3480	0,5	0,82	0,7	1740	1218						
51 - 52	Нагнітач коксowego газу	2	950	1900	0,5	0,82	0,7	950	665						
53 - 58	Валоповоротники	6	20	120	0,5	0,5	1,73	60	103,8						
	Сумарне силове навантаження	58		8261	0,53			4390,8	3188,1	9,76	1,322	5804,6	3506,9	6781,7	9788,54

2. Компенсація реактивної потужності

Враховуючи велике значення реактивної потужності електроприймачів на шинах НН ТП в розмірі $Q_{p.c.} = 3510,4$ квар, приймаю рішення компенсувати левову частку реактивної потужності на високовольтній стороні, а залишок, який залишиться недокомпенсованим – докомпенсувати на стороні НН ТП.

Визначимо втрати реактивної потужності в трансформаторах трансформаторної підстанції:

$$\begin{aligned}\sum \Delta Q_{\text{тр}} &= n * (\Delta Q_x + \beta_m^2 * \Delta Q_k) = 2 * (56,7 + 0,46^2 * 472,5) \\ &= 313,4 \text{ квар.}\end{aligned}$$

Де $n = 2$ – кількість трансформаторів на трансформаторній підстанції ;

ΔQ_x ; ΔQ_k - втрати реактивної потужності в трансформаторах при холостому ході та короткому замиканні.

$$\Delta Q_x = \frac{S_{\text{тр}} * I_{x.x}}{100} = \frac{6300 * 0,9}{100} = 56,7 \text{ квар;}$$

$$\Delta Q_k = \frac{S_{\text{тр}} * U_k}{100} = \frac{6300 * 7,5}{100} = 472,5 \text{ квар;}$$

$$\beta_m = \frac{S_{\text{цеху.}}}{n * S_{\text{тр}}} = \frac{5821,9}{2 * 6300} = 0,46.$$

β_m – коефіцієнт завантаження трансформатора .

Пропоную для сторони ВН встановити конденсаторні установки типу 2 x ВАРНЕТ – А – 10,5 – 0 – Л – 1500 – 75 – У3.

$$Q_{\text{КУ.ВН.}}^{\phi} = n * Q_{\text{КУ}} = 2 * 1500 = 3000 \text{ квар.}$$

Вибираємо високовольтний вимикач і плавкий запобіжник для захисту КУ на стороні ВН:

$$I_{\text{КУ}} = \frac{Q_{\text{КУ}}}{\sqrt{3} * U} = \frac{1500}{\sqrt{3} * 10} = 86,6 \text{ А.}$$

Обираємо ВВ типу ВВТЭ – 10 – 10 / 630 У2 і плавкий запобіжник типу ПТ – 013 – 100 – 31,5 У3 (з номінальним струмом 100 А).

Реактивна потужність, яку генерують синхронні генератори:

$$Q_{\text{сд.ном}} = tg_{\phi} * P_{\text{ном}} * n_{\text{сд}} = 0,484 * 1600 * 2 = 1536 \text{ квар.}$$

Реактивна потужність на стороні ВН:

$$\begin{aligned} Q_{\text{р.ВН}} &= tg_{\phi} * P_{\text{ном}} * n_{\text{сд}} * K_{\text{в}} = 0,484 * 1600 * 2 * 0,8 \\ &= 1239,04 \text{ квар.} \end{aligned}$$

Потужність високовольтної конденсаторної установки :

$$\begin{aligned} Q_{\text{НК}} &= Q_{\text{рНН}} + Q_{\text{рВН}} + \Delta Q_{\text{тр}} - Q_{\text{е1}} - Q_{\text{сд.ном}} - Q_{\text{КУ}}^{\phi} \\ &= 3510,4 + 1239,04 + 313,4 - 0 - 1536 - 3000 \\ &= 526,84 \text{ квар.} \end{aligned}$$

Розрахункова потужність однієї КУ на стороні НН:

$$Q_{\text{НК}}^{\text{р}} = \frac{Q_{\text{НК}}}{n} = \frac{526,84}{2} = 263,42 \text{ квар.}$$

Отже, обираю 2 х ВАРНЕТ – АС – 275/25 – 0,4 У3.

Для захисту КУ обираємо автоматичний вимикач.

$$I_{\text{ку}} = \frac{Q_{\text{ку}}}{\sqrt{3} * U} = \frac{275}{\sqrt{3} * 0,4} = 396,9 \text{ А.}$$

Обираю АВ типу ВА5739 з наступними параметрами:

$$U_{\text{ном.АВ.}} = 380 \text{ В;}$$

$$I_{\text{ном.АВ.}} = 630 \text{ А;}$$

$$I_{\text{ном.розч.}} = 400 \text{ А;}$$

$$I_{\text{спрац.АВ.}} = 1250 \text{ А;}$$

$$I_{\text{макс.вимик.АВ.}} = 40 \text{ кА.}$$

Табл.2.1.

t, год	$\frac{Q_t}{Q_n} * 100, \%$	$U_t, \text{ В}$
0 - 3	40	1 404,2
3 - 6	40	1 404,2
6 - 9	30	1 053,2
9 - 12	90	3 159,4
12 - 15	60	2 106,3
15 - 18	70	2 457,3
18 - 21	90	3 159,4
21 - 24	40	1 404,2

Згідно з вищенаведеною таблицею, мінімальне значення споживаної реактивної потужності за добу досягатиме значення 1

053,2 квар, а максимальне – 3 159,4 квар. Побудуємо графік по таблиці:

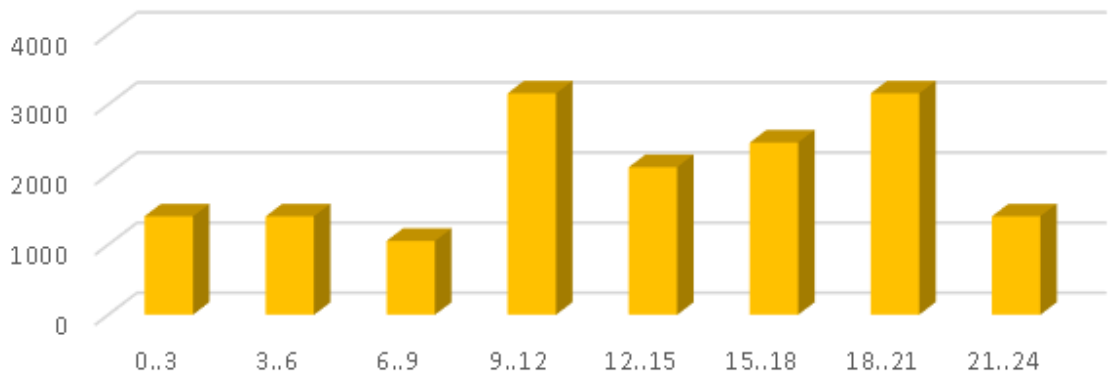


Рис.2.1.

Батареї конденсаторів (БК) є нерегульованим або східчасто регульованими ДРП. Батарею розділяються на секції, кожен з яких слід підключати через окремий комутаційний апарат. БК здатні тільки генерувати Q .

БК чутливі до несинусоїдальності напруги в мережі. При несинусоїдності U конденсатори перевантажуються струмами вищих гармонік, що призводить до скорочення терміну їх служби. БК можуть збільшувати несинусоїдальність напруги в мережі через можливість резонансу струмів на одну з вищих гармонік.

Незважаючи на зазначені недоліки БК, на промислових підприємствах вони набули найбільшого поширення як ДРП, основними перевагами яких є:

- незначні втрати активної потужності, що становлять близько 4,5 кВт/ МВАр для U до 1 кВ і 2,5 кВт/ МВАр для $U = 6-10$ кВ;

- відсутність обертових частин, шуму при роботі, порівняно мала маса установки з конденсаторами у зв'язку з цим відсутність необхідності у фундаменті;

- простіша і дешевша експлуатація, ніж інших ДРП;

- можливість збільшення або зменшення встановленої потужності в залежності від потреби;

можливість установки в будь – якій точці мережі; у окремих ЕП, на 2-5 ступенях. Крім того, вихід з ладу окремого конденсатора, при належному йому захисту, як правило, не відбивається на роботі всієї КУ.

3. Вибір схеми внутрішнього електропостачання цеху

У чистому вигляді магістральні або радіальні схеми застосовуються не часто. На практиці найбільшого поширення набули змішані схеми. У цих схемах ШР часто живляться не від щита ТП, а від шинопровода.

Різновиди магістральних схем:

одиночна магістральна схема без резервування;

одиночна магістральна схема з резервуванням;

подвійна наскрізна магістральна схема;

магістральна схема з двостороннім живленням.

Потужні ЕП зазвичай приєднуються безпосередньо до щита ТП або магістрального шинопровода (ШМА).

Для дистанційного керування ЕП можуть використовуватися станції управління, що представляють комплекти спільно встановлених апаратів управління, захисту, сигналізації і блокування. Як правило, станції управління виконуються відкритими, але можуть поставлятися і в захищеному виді в шафах. Щити станції управління ЩСУ зазвичай встановлюється в спеціальних приміщеннях, що називають приміщеннями станції управління (ПСУ).

3.1. Вибір типу та розміщення цехової підстанції

Для визначення необхідної потужності трансформаторів ТП промислового підприємства враховують такі основні фактори:

- величину розрахункових навантажень;
- темпи перспективного зростання навантажень;
- навантажувальну здатність трансформатора;
- тривалість максимумів навантаження.

Для визначення необхідної кількості трансформаторів ТП промислового підприємства враховують такі основні фактори:

- категорію електроприймачів;
- зміну навантаження впродовж доби та пори року;
- вартість електроенергії впродовж доби та пори року.

Тому, враховуючи розрахункову потужність цеху, і можливу потужність трансформаторів, обираю схему розміщення ТП – прибудована до цеху.

3.2. Вибір кількості й потужності трансформаторів

Надійність електроприймачів – 2 , і розрахункова потужність більша 1000 кВ*А, тому обираю до встановлення в прибудованій ТП два трансформатора.

Так як ми, на шинах НН, компенсували реактивну потужність, то:

$$S_{\text{цеху}} \approx P_{\text{цеху}} = 5821,9 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Бажана потужність трансформатора для 2-ої категорії:

$$S_{\text{баж.}} = \frac{S_{\text{цеху}}}{2 * \beta_{\text{T}}} = \frac{5821,9}{2 * 0,7} = 4158.5 \text{ кВ} * \text{А},$$

$\beta_{\text{T}} = 0,7 - 0,8$ для двотрансформаторної підстанції.

Обираю два трансформатори в прибудовану ТП типу ТМ – 6300/10.

Фактичний коефіцієнт завантаження при роботі двох ТМ-6300/10:

$$\beta_{\text{факт.ав.}} = \frac{S_{\text{цеху.}}}{n * S_{\text{Тр}}} = \frac{5821,9}{2 * 6300} = 0,46.$$

Технічні дані ТМ – 6300 / 10 .

Табл.3.2.1.

Тип	$S_{\text{тр.}}$, кВ*А	$U_{\text{тр.}}$, кВ		Втрати , кВт		$U_{\text{к.}}$, %	$I_{\text{х.}}$, %
		ВН	НН	P_{x}	$P_{\text{к}}$		
ТМ – 6300/10	6300	10	0.4	7,6	46,5	7.5	0,9

Втрати на холостому ходу:

$$\Delta Q_x = S_{\text{тр.}} * \frac{I_x}{100} = 6300 * \frac{0,9}{100} = 56,7 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{x.}' = \Delta P_x + k_e * \Delta Q_x = 7,6 + 0,05 * 56,7 = 10,44 \text{ кВт.}$$

Втрати короткого замикання:

$$\Delta Q_k = S_{\text{тр.}} * \frac{U_k}{100} = 6300 * \frac{7,5}{100} = 472,5 \text{ квар.}$$

$$\Delta P_{k.}' = \Delta P_k + k_e * \Delta Q_k = 46,5 + 0,05 * 472,5 = 70,13 \text{ кВт.}$$

3.3. Вибір кількості, типу та розташування розподільчих пристроїв

Розподіл живлення в мережі цеху будемо виконувати за допомогою магістральних шинопроводів з мідного провідника, силових пунктів і розподільного пункта РП-1 (так як номінальні струми електроприймачів мають великі значення).

На рис.3 зображено попереднє розміщення прибудованої ТП, і розміщення в приміщенні магістральних шинопроводів (жирна лінія) і розподільчих шинопроводів (тонка лінія).

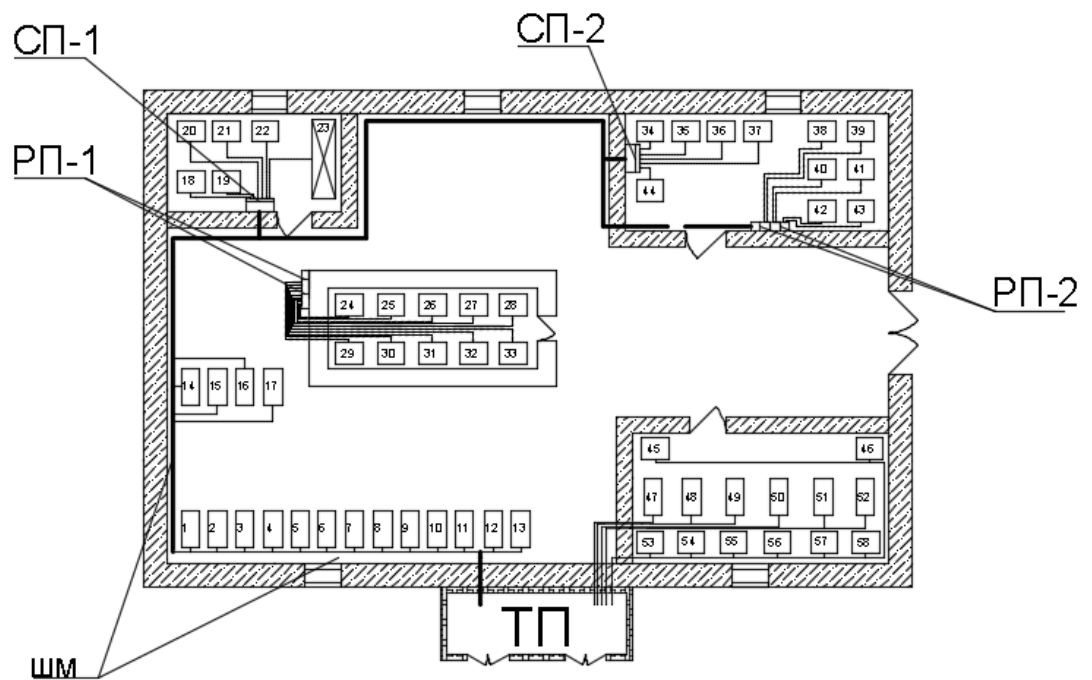


Рис.3.3.1. Схема розміщення силових і розподільчих пунктів

3.4. Вибір трас та способів прокладання трас

Як згадувалося в попередньому розділі, розподіл електроенергії в цеху будемо виконувати шинопроводами типу Canalis KTS, так як в нашому цеху хімічного уловлювання наявні дуже потужні електроприймачі.

До особливо потужних (№47-52 за генпланом) будуть йти окремі шинопроводні лінії від ТП. Живлення інших електроприймачів буде відбуватися від силових пунктів типу СПА-77 і від розподільних пунктів типу ЩО 99, які складаються з окремих панелей (в нашому випадку з ввідної панелі і з панелей відхідних ліній).

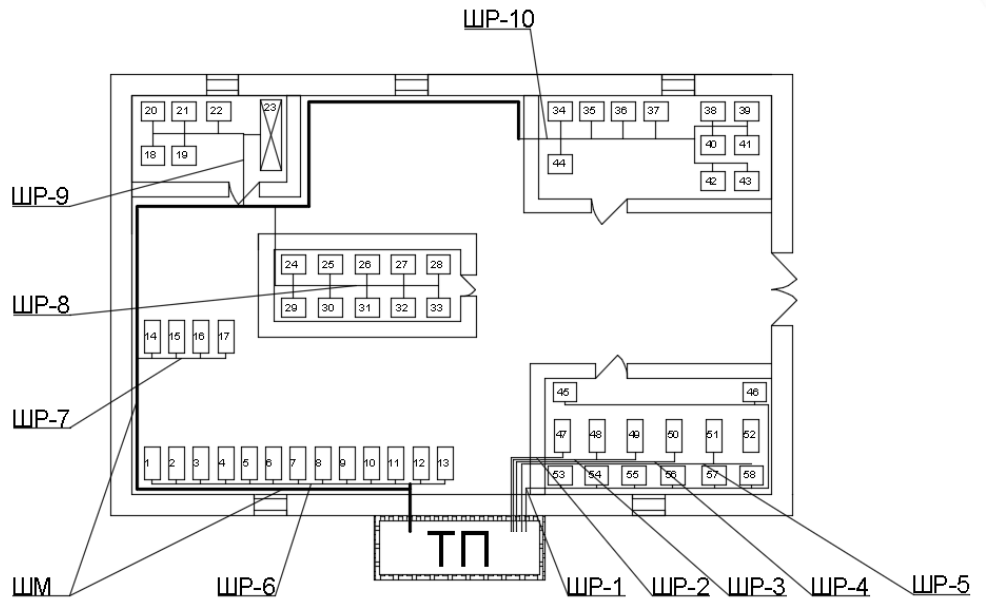


Рис.3.4.1. Схема прокладання трас

У відгалужувальних коробках від магістральних шинопроводів встановлюємо автоматичні вимикачі (винятком служать лінії ШР-2, ШР-3, ШР-4, ШР-5 в який занадто великі номінальні токи, і тому для них захисні АВ встановлюються безпосередньо в ТП на відхідних лініях).

Для одиничних електроприймачів розрахунковим струмом вважається їх номінальний струм, а для групи електроприймачів – струм, розрахований за методом впорядкованих діаграм.

Для розподілу електроенергії від силових і розподільчих пунктів, використовується прокладення кабелів в сталевих водогазопровідних трубах.

Шинопроводи будемо проводити на висоті 4,5 м від рівня підлоги.

Кабельні опуски від шинопроводів будуть виконуватися без труб, прикріплюючи кабель до стелі, і опускаючи його безпосередньо над місцем вводу.

Табл.3.4.1.

Місце початку лінії	Кінцеве приєднання	Спосіб прокладки	Довжина траси, м	$I_{розр}, A$
ШР-1 Canalis КТС	45	кабельний опуск від шинопроводу	4,3	36,08
	46		4,3	36,08
	53		4,3	72,17
	54		4,3	72,17
	55		4,3	72,17
	56		4,3	72,17
	57		4,3	72,17
	58		4,3	72,17

ШР-2 Canalis КТС	47	шинопроводний опуск	4,5	2200,3
ШР-3 Canalis КТС	48	шинопроводний опуск	4,5	2552,3
	49		4,5	2552,3
ШР-4 Canalis КТС	50	шинопроводний опуск	4,5	2552,3
ШР-5 Canalis КТС	51	шинопроводний опуск	4,5	2090,3
	52		4,5	2090,3
РП – 1 ЩО 99 УЗ	24	кабель прокладений в сталевій трубі	5,3	191,7
	25		5,3	191,7
	26		5,3	191,7
	27		5,3	191,7
	28		5,3	191,7
	29		5,3	117,3
	30		5,3	117,3
	31		5,3	117,3
	32		5,3	135,3
	33		5,3	135,3
СП – 1 СПА – 77 – ЗУЗ	18	кабель прокладений в сталевій трубі	5,5	72,17
	19		5,5	72,17
	20		5,5	28,87
	21		5,5	14,34
	22		5,5	14,34
	23		5,5	61,34
СП – 2 СПА – 77 – 8УЗ	34	кабель прокладений в сталевій трубі	5,8	90,21
	35		5,8	90,21
	36		5,8	36,9
	37		5,8	139,83
	44		5,8	40,9
РП – 2 ЩО 99 УЗ	38	кабель прокладений в сталевій трубі	4,9	270,63
	39		4,9	270,63
	40		5	270,63
	41		5	270,63
	42		5	270,63

	43		5	270,63
ШМ	СП-1	кабельний опуск від шинопроводу	5,9	51,8
	СП-2		5,6	294,5
	РП-1		6,5	1014
	РП-2		15	1063,5
	1		4,8	14,86
	2		4,8	14,86
	3		4,8	14,86
	4		4,8	14,86
	5		4,8	21,23
	6		4,8	21,23
	7		4,8	21,23
	8		4,8	21,23
	9		4,8	21,23
	10		4,8	21,23
	11		4,8	21,23
	12		4,8	21,23
	13		4,8	21,23
14	4,9	21,23		
15	4,9	21,23		
16	4,9	21,23		
17	4,9	21,23		
Т - 1	ШР-3	шинопроводна траса	17,6	4226,3
	ШР-5		26,3	3461,2
Т - 2	ШМ	шинопроводна траса	78,8	2584,55
	ШР-1		40,2	260,86
	ШР-2		13,7	2200,3
	ШР-4		13,7	2552,3

3.5. Вибір марки і перерізу проводів низьковольтних кабельних ліній і шинопроводів

Провідники обираємо за наступною формулою:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{прок}}},$$

де $K_{\text{прок}}$ – коефіцієнт прокладки;

I_p – розрахунковий струм електроприймача.

Для живлення електроприймачів від ШМ (в випадку кабельного живлення) обираємо кабель 4 х ВВГ (тобто чотири одножильних кабеля ВВГ). Врахуємо, що прокладка кабелю відбувається відкрито

На інших діляках для живлення електроприймачів використовуватиметься шинопровід з мідними шинами типу Canalіs КТС.

Оберемо кабель до вентилятора (№45):

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{I_p}{K_{\text{прок}}} = \frac{36,08}{1} = 36,08 \text{ А.}$$

Обираємо кабель 4 х ВВГ – 1 х 4 , з $I_{\text{пр}} = 41 \text{ А}$.

Далі обрані кабелі і шинопроводи заносимо в таблицю.

Табл.3.5.1.

Початок траси	Кінцева точка	$I_{\text{розр.}}$ А	$I_{\text{пр}}$ А	Тип КЛ / шинопроводу	Перерізу, мм ²	Кількість жил /шин	Діаметр труби, мм
ШР-1	45	36,08	41	ВВГ	4	4	-

	46	36,08	41	BBГ	4	4	-
	53	72,17	80	BBГ	10	4	-
	54	72,17	80	BBГ	10	4	-
	55	72,17	80	BBГ	10	4	-
	56	72,17	80	BBГ	10	4	-
	57	72,17	80	BBГ	10	4	-
	58	72,17	80	BBГ	10	4	-
IIIП-2	47	2220,3	2500	Canalis KTC	200x6	4	-
IIIП-3	48	2552,3	3200	Canalis KTC	(120x6)	8	-
	49	2552,3	3200	Canalis KTC	(120x6)	8	-
IIIП-4	50	2552,3	3200	Canalis KTC	(120x6)	8	-
IIIП-5	51	2090,3	2500	Canalis KTC	200x6	4	-
	52	2090,3	2500	Canalis KTC	200x6	4	-
PII - 1	24	191,7	225	ПВ	95	4	100
	25	191,7	225	ПВ	95	4	100
	26	191,7	225	ПВ	95	4	100
	27	191,7	225	ПВ	95	4	100
	28	191,7	225	ПВ	95	4	100
	29	117,3	150	ПВ	50	4	70
	30	117,3	150	ПВ	50	4	70
	31	117,3	150	ПВ	50	4	70
	32	135,3	150	ПВ	50	4	70
	33	135,3	150	ПВ	50	4	70
CII - 1	18	72,17	75	ПВ	16	4	50
	19	72,17	75	ПВ	16	4	50
	20	28,87	30	ПВ	4	4	25
	21	14,34	16	ПВ	1,5	4	20
	22	14,34	16	ПВ	1,5	4	20

	23	61,34	75	ПВ	16	4	50
РП - 2	38	270,63	295	2 x ПВ	120	2	2 x 100
	39	270,63	295	2 x ПВ	120	2	2 x 100
	40	270,63	295	2 x ПВ	120	2	2 x 100
	41	270,63	295	2 x ПВ	120	2	2 x 100
	42	270,63	295	2 x ПВ	120	2	2 x 100
	43	270,63	295	2 x ПВ	120	2	2 x 100
СП - 2	34	90,21	115	ПВ	35	4	60
	35	90,21	115	ПВ	35	4	60
	36	36,9	40	ПВ	6	4	32
	37	139,83	150	ПВ	50	4	70
	44	40,9	46	ПВ	8	4	32
ШМ							
	ШМ	2584,5 5	3200	Canalis KTC	2x(120 x6)	8	-
	1	14,86	23	ВВГ	1,5	4	-
	2	14,86	23	ВВГ	1,5	4	-
	3	14,86	23	ВВГ	1,5	4	-
	4	14,86	23	ВВГ	1,5	4	-
	5	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	6	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	7	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	8	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	9	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	10	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	11	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	12	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	13	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	14	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	15	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	16	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	17	21,23	23	ВВГ	1,5	4	-
	СП – 1	51,8	62	ВВГ	8	4	-
	СП – 2	294,5	330	ВВГ	95	4	-

	РП – 1	1014	1220	4 x СБ	400	1	-
	РП - 2	1063,5	1220	4 x СБ	400	1	-
Т - 1	ШР-3	2552,3	3200	Canalis KTC	2x(120 x6)	8	-
	ШР-5	3461,2	4000	Canalis KTC	2x(160 x6)	8	-
Т - 2	ШР-1	260,86	400	Canalis KTC	4 x 25	4	-
	ШР-2	4226,3	5000	Canalis KTC	2x(200 x6)	8	-
	ШР-4	3461,2	4000	Canalis KTC	2x(160 x6)	8	-
	ШМ	2584,5 5	3200	Canalis KTC	2x(120 x6)	8	-

4 .Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електричних апаратів

Цей розрахунок в порівнянні з розрахунком струмів КЗ в мережах напругою вище 1 кВ має наступні особливості:

- потужність системи приймається нескінченною, тобто напруга на шинах цехових ТП вважається незмінною при КЗ в мережі до 1 кВ;

- враховуються активні і індуктивні опори до точки КЗ всіх елементів мережі (силового трансформатора, проводів, контактів, трансформаторів струму, котушок максимального струму автоматів);

- розрахунок проводиться в іменованих одиницях, напруга приймається на 5% вище номінальної напруги мережі.

В електроустановках з глухозаземленою нейтраллю (мережа 0,38 кВ) при замиканні фази на корпус необхідно забезпечити швидке автоматичне відключення пошкодженої ділянки найближчим до місця КЗ апаратом захисту для забезпечення безпечного обслуговування і збереження електроустаткування. Досягається це створенням високої провідності в петлі «фаза-нуль» за рахунок системи занулення. За ПУЕ провідність зануленого провідника повинна бути близько 50% провідності фазного провідника.

4.1. Розрахунок струмів короткого замикання

Місця визначення струмів КЗ наведені на рисунку нижче:

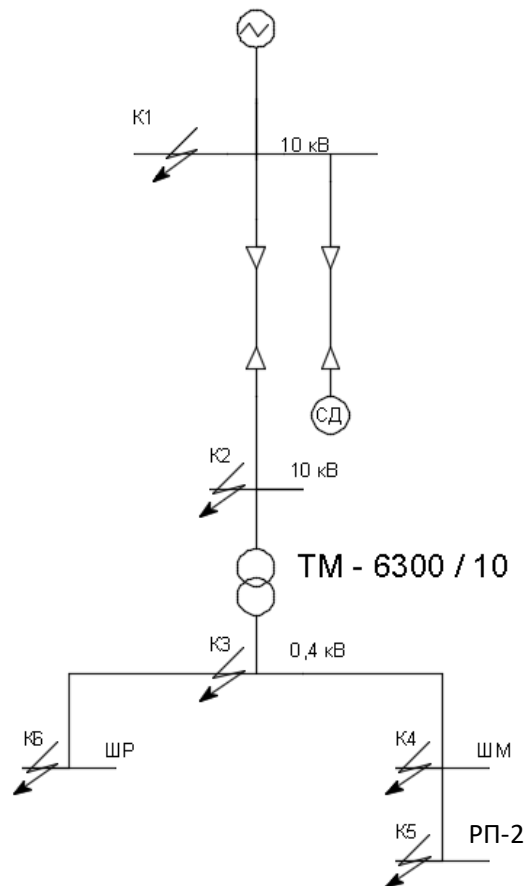


Рис.4.1.1.

Точка:

К1 – шини джерела живлення;

К2 – шини 10 кВ прибудованої двотрансформаторної ТП;

К3 – шини 0,4 кВ прибудованої двотрансформаторної ТП;

К4 – місце відгалуження від магістрального шинопроводу найзавантаженішо розподільчого шинопроводу;

К5 – місце відгалуження найзавантаженішого розподільчого пункту.

Втрати в ТМ – 6300/10:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = \Delta Q_x + \Delta Q_k = 56,7 + 472,5 = 529,2 \text{ квар};$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = \Delta P_x + \Delta P_k = 10,44 + 70,13 = 80,57 \text{ кВт.}$$

Повні втрати:

$$\Delta S_{\text{тр}} = \sqrt{\Delta P_{\text{тр}}^2 + \Delta Q_{\text{тр}}^2} = \sqrt{80,57^2 + 529,2^2} = 535,3 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Повна потужність на шинах ВН:

$$S_{\text{ВН}} = \Delta S_{\text{тр}} + S_{\text{роз.}} = 535,3 + 5821,9 = 6357,2 \text{ кВ} \cdot \text{А},$$

де $S_{\text{роз}}$ – з врахування компенсації з КУ.

Значення струму:

$$I_{\text{ВН}} = \frac{S_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6357,2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 366,7 \text{ А.}$$

Переріз КЛ до ТП:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ВН}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{366,7}{2,5} = 146,7 \text{ мм}^2,$$

де $j_{\text{ек}}$ – при $T_{\text{max}} = 3800$ год, $j_{\text{ек}} = 2,5 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$ для мідних кабелів.

Обираю кабель СБ – 3 x 185, з $I_{\text{доп}} = 400$ А.

Врахуємо, що кабель прокладається в землі:

$$I_{\text{доп}}' = I_{\text{доп}} \cdot \sqrt{\frac{t_{\text{доп}} - t_{\text{ф.с.}}}{t_{\text{доп}} - t_{\text{опт.}}}} = 400 \cdot \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 377,1 \text{ А.}$$

Потужність приєднаних до шин джерела СД:

$$P_{CD} = 1600 \text{ кВт.}$$

Активна потужність, враховуючи завантаження:

$$P_{CD,зав.} = \beta * n * P_{CD} = 0,8 * 2 * 1600 = 2560 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність СД, вважаючи що $\cos\varphi = 0.9$:

$$Q_{CD,зав.} = P_{CD,зав.} * tg\varphi = 2560 * 0.484 = 1239 \text{ квар.}$$

Повна потужність СД:

$$S_{CD} = \sqrt{P_{CD,зав.}^2 + Q_{CD,зав.}^2} = \sqrt{2560^2 + 1239^2} = 2844,1 \text{ кВ * А.}$$

Потужність одного СД:

$$S_{CD1} = \frac{S_{CD}}{n} = \frac{2844,1}{2} = 1422,05 \text{ кВ * А.}$$

Струм одного СД:

$$I_{CD1} = \frac{S_{CD1}}{\sqrt{3} * U_{ном}} = \frac{1422,05}{\sqrt{3} * 10} = 71,83 \text{ А.}$$

Кабельна лінія до СД:

$$S_{ек} = \frac{I_{CD1}}{j_{ек}} = \frac{71,83}{2,5} = 28,73 \text{ мм}^2,$$

Оберемо кабель СБ – 3 х 35 , з $I_{доп} = 150 \text{ А.}$

Поправка на температуру:

$$I'_{доп} = I_{доп} * \sqrt{\frac{t_{доп} - t_{ф.с.}}{t_{доп} - t_{опт.}}} = 150 * \sqrt{\frac{60 - 20}{60 - 15}} = 141,42 \text{ А.}$$

Перевіримо вищеобрані КЛ на допустиму втрату напруги.

Кабель СБ – 3 х 185 до ТП:

$$r_0 = 0,1 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,077 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{ВН}} \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 366,7 * 0,6 * (0,98 * 0,1 + 0,2 * 0,077) = 38,19 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\% = \frac{38,19}{10000} * 100 = 0,38\% < 5\% .$$

Кабель СБ – 3 х 35 до СД:

$$r_0 = 0,53 \text{ Ом/км};$$

$$x_0 = 0,095 \text{ Ом/км}.$$

Втрата напруги у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_{\text{СД1}} \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 71,83 * 0,6 * (0,9 * 0,53 + 0,436 * 0,095) \\ &= 16,2 \text{ В.} \end{aligned}$$

У відсотках:

$$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_{\text{мережі}}} * 100\% = \frac{16,2}{10000} * 100 = 0,16\% < 5\% .$$

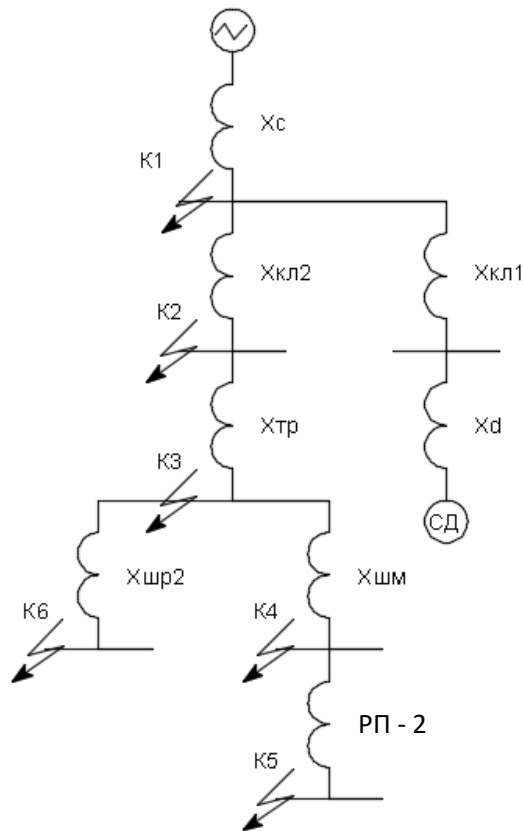


Рис.4.1.2. Схема заміщення опорів

Базові значення:

для точок К1 і К2:

для СД $x_d^{\prime\prime} = 0,2$;

$S_6 = 10 \text{ МВ} \cdot \text{А}$;

$U_6 = 10 \text{ кВ}$.

Опір обмоток СД:

$$x_d = x_d^{\prime\prime} * \frac{S_6}{S_{AD1}} = 0,2 * \frac{10}{1,422} = 1,41.$$

Опір $x_{кл1}$ (СБ – 3 х 35):

$$x_{к11} = \frac{x_0 * l * S_{\sigma}}{U_{НОМ}^2} = \frac{0.095 * 0.6 * 10}{10^2} = 0.0057,$$

$$r_{к11} = \frac{r_0 * l * S_{\sigma}}{U_{НОМ}^2} = \frac{0,53 * 0.6 * 10}{10^2} = 0.032.$$

Струм підживлення від СД:

$$I_{підж.} = \frac{n * I_{СД1} * E'_{СД} * 10^{-3}}{\sqrt{(r_{к11})^2 + (x_d + x_{к11})^2}} = \frac{1 * 71,83 * 1,1 * 10^{-3}}{\sqrt{0,032^2 + (1,41 + 0.0057)^2}} = 0,056 \text{ кА.}$$

Стала часу СД:

$$T_{СД} = \frac{T_{о СД} * I_{підж.СД}}{I_{підж.СД}} = \frac{0,05 * 0,056}{0,056} = 0,05 \text{ с.}$$

$$T_{СД}' = \frac{T_{СД}' * I_{підж.СД}}{I_{підж.СД}} = \frac{0,07 * 0,056}{0,056} = 0,07.$$

Визначимо струм КЗ в К1:

$$I_{к1} = I_{підж.СД} + I^{КЗ}_{ВН} = 0,056 + 10,5 = 10,56 \text{ кА.}$$

Стала часу в К1:

$$T_A = \frac{T_{о СД} * I_{підж.СД} + T_{о.к} * I^{КЗ}_{ВН}}{I_{к1}} = \frac{0,05 * 0,056 + 0,02 * 10,2}{10,56} = 0,02 \text{ с.}$$

Аперіодична складова $I_{к1}$ в К1:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{к1} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 10,56 * e^{-\frac{0.07}{0.02}} = 0,45 \text{ кА,}$$

$$\tau_{пв} = \tau_{р.з.min} + \tau_{о.р.} = 0.01 + 0.06 = 0.07 \text{ с,}$$

$\tau_{о.р.}$ – час спрацювання ВВ.

Ударний струм :

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{к1} * K_{уд} = \sqrt{2} * 10,56 * 1,6 = 23,9 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{кз1}^2 * (\tau_k + T_a) = 10,56^2 * (0,39 + 0,02) = 45,72 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Визначимо, за відомим тепловим імпульсом, мінімальну площу перерізу для шин точки К1:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_k}}{C} = \frac{\sqrt{45,72 * 10^6}}{170} = 39,8 \text{ мм}^2.$$

C – для мідних шин.

Прийmemo опір системи рівним:

$$x_c = 0,1.$$

Опір однієї $x_{кл2}$ (СБ – 3 x 185):

$$x_{кл2} = \frac{x_0 * l * S_б}{U_{ном}^2} = \frac{0,077 * 0,6 * 10}{10^2} = 0,005,$$

$$r_{кл2} = \frac{r_0 * l * S_б}{U_{ном}^2} = \frac{0,1 * 0,6 * 10}{10^2} = 0,006.$$

Сума реактивних і активних опорів:

$$x_{\Sigma к2} = x_{кл2} + x_c = 0,005 + 0,1 = 0,105;$$

$$r_{\Sigma к2} = r_{кл2} = 0,006.$$

Повний опір до точки К2:

$$Z_{\Sigma к2} = \sqrt{r_{\Sigma к2}^2 + x_{\Sigma к2}^2} = \sqrt{0,006^2 + 0,105^2} = 0,105.$$

Струм К3 в точці К2:

$$I_{K32} = \frac{1}{Z_{\Sigma K2}} * \frac{S_6}{\sqrt{3} * U_6} = \frac{1}{0.105} * \frac{10}{\sqrt{3} * 10} = 5,76 \text{ кА}$$

Аперіодична складова для струму в точці К2:

$$i_a = \sqrt{2} * I_{K2} * e^{-\frac{\tau_{пв}}{T_a}} = \sqrt{2} * 5,76 * e^{-\frac{0.07}{0.02}} = 0,25 \text{ кА.}$$

Ударний струм:

$$i_{уд} = \sqrt{2} * I_{K2} * K_{уд} = \sqrt{2} * 5,76 * 1,6 = 13,03 \text{ кА.}$$

Тепловий імпульс для I_{K2} :

$$B_K = I_{K32}^2 * (\tau_K + T_a) = 5,76^2 * (0.39 + 0.02) = 13,6 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Визначимо, за відомим тепловим імпульсом, мінімальну площу перерізу для кабельної траси до точки К2:

$$S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C} = \frac{\sqrt{13,6 * 10^6}}{140} = 26,3 \text{ мм}^2.$$

C – для мідних жил кабелів до 10 кВ.

Низьковольтна сторона, точки К3 – К6.

Опори для точки К3.

СБ – 3 x 185:

$$r_{KL2} = r_0 * \frac{l}{n_{кб}} * \left(\frac{U_{НОМ}^{НН}}{U_{НОМ}^{ВН}} \right)^2 = 0,1 * \frac{0,6}{1} * \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,096 \text{ мОм,}$$

$$X_{KL2} = X_0 * \frac{l}{n_{кб}} * \left(\frac{U_{НОМ}^{НН}}{U_{НОМ}^{ВН}} \right)^2 = 0,077 * \frac{0,6}{1} * \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,074 \text{ мОм.}$$

Опір трансформатора ТМ - 6300/6:

$$X_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{к}}}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_{\text{к}}}{S_{\text{НОМ тр}}}\right)^2} \cdot \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{НОМ тр}}} = \sqrt{\left(\frac{7,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{30,45}{6300}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{6300} = 0,002 \text{ МОм},$$

$$r_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{к}}}{S_{\text{НОМ тр}}} \cdot U_{\text{НОМ}}^2 = \frac{30,45}{6300} \cdot 0,4^2 = 0,77 \text{ МОм},$$

Опір мідних контактних приєднань:

$$r_{\text{кон}} = 15 \text{ МОм};$$

Опір системи, переведений з відносних одиниць в іменовані:

$$S_{\text{кз}} = \frac{S_{\text{б}}}{x_{\text{с}}} = \frac{10}{0,1} = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

$$x_{\text{с}} = \frac{U_{\text{НОМ}}^2}{S_{\text{кз}}} = \frac{10^2}{100} = 0,1 \text{ Ом} = 100 \text{ МОм}.$$

Сума опорів до точки КЗ:

$$x_{\Sigma \text{кз}} = x_{\text{кл2}} + X_{\text{тр}} + x_{\text{с}} = 0,096 + 0,002 + 100 = 100,1 \text{ МОм};$$

$$r_{\Sigma \text{кз}} = r_{\text{кл2}} + r_{\text{тр}} + r_{\text{кон}} = 0,074 + 0,77 + 15 = 15,84 \text{ МОм}.$$

Повний опір:

$$Z_{\text{к-з}} = \sqrt{r_{\Sigma \text{кз}}^2 + x_{\Sigma \text{кз}}^2} = \sqrt{15,84^2 + 100,1^2} = 101,3 \text{ МОм}.$$

Струм КЗ в КЗ:

$$I_{\text{кз}} = \frac{U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{кз}}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 101,3} = 2,28 \text{ кА}.$$

Подальші результати розрахунків занесемо до таблиці.

Табл.4.1.1.

Точка КЗ	$I_{кз}, \text{кА}$	$i_{уд}, \text{кА}$	$i_a, \text{кА}$	$B_k, \text{кА}^2$ * с.	$S_{min}, \text{мм}^2$
К1	10,56	23,9	0,45	45,72	39,8
К2	5,76	13,03	0,25	13,6	26,3
К3	2,28	3,22	0	2,03	11,87
К4	2,23	3,15	0	2,01	11,81
К5	2,05	2,9	0	1,64	10,67
К6	2,25	3,18	0	1,98	11,73

4.2. Вибір комутаційної апаратури на напругу 0,38 кВ

Умови вибору для АВ:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}};$$

$$2) I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{р}};$$

$$3) I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}};$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пік}};$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{мах.в.}}$$

$$6) i_{\text{ел.д.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

Перевіримо і прийmemo рішення до встановлення АВ для
вентилятора (№45):

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.м}}$$

$$660 \text{ В} > 380 \text{ В};$$

$$2) I_{\text{АВ.розч.}} \geq I_{\text{р}};$$

$$40 \text{ А} > 36,08 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{АВ.ном.}} \geq I_{\text{АВ.розч.}};$$

$$63 \text{ А} > 40 \text{ А}$$

$$4) I_{\text{спр.}} \geq 1.25 * I_{\text{пік}};$$

$$480 \text{ А} > 1.25 * 5 * 36,08 = 225,5 \text{ А}$$

$$5) I_{\text{кз}} \leq I_{\text{мах.в.}}$$

$$2,05 \text{ кА} < 4,5 \text{ кА}$$

$$6) i_{ел.д.} \geq i_{уд.}$$

$$3 \text{ кА} > 2,9 \text{ кА.}$$

Для вентилятора приймаю АЕ2046М.

Табл.4.2.1.

Початок лінії	Кінцева точка	$I_{розч.}, A$	$I_{ном.ав.}, A$	$I_{спр.}, A$	$I_{max.в.}, кА$	$I_{кз}, кА$	$i_{ел.д.}, кА$	$i_{уд.}, кА$	Назва АВ	
ШР-1	45	40	63	480	4,5	2,05	5	2,9	АЕ2046М	
	46									
	53	80		100	800				6	АЕ2056М
	54									
	55									
	56									
	57									
58										
ШР-2	47	2500	4000	3125	65	2,25	5	3,18	Е40У	
ШР-3	48	4000								
	49									
ШР-4	50									
ШР-5	51	2500								
	52									
ШР-7	14	25	63	300	4,5	2,05	5	2,9	АЕ2046М	
	15									
	16									
	17									
РП - 1	24	200	250	630	40	2,05	5	2,9	ВА5735	
	25									
	26									
	27									
	28	125		500	35					
	29									
	30									
	31	160								
	32									
33										

СII - 1	18	80	100	800	6	2,05	5	2,9	AE2056M	
	19									
	20	32	63	384	4,5				AE2046M	
	21	16		192						
	22									
	23	63		756						
СII - 2	34	100	100	1000	6	2,05	5	2,9		AE2056M
	35									
	36	40	63	480	4,5				AE2046M	
	37	160	250	500	35				BA5735	
	44	50	63	600	4,5				AE2046M	
PII - 2	38	320	630	1250	40	2,05	5	2,9	BA5739	
	39									
	40									
	41									
	42									
	43									
III M	СII - 1	63	160	630	30	2,05	5	2,9	A3716Б	
	СII - 2	320	630	2500	40				BA5739	
	PII - 1	1600	2000	2000	135				BA5343	
	PII - 2	1600	2000	2000	135				BA5343	
	1	16	63	300	192	4,5	2,05	5	2,9	AE2046M
	2									
	3									
	4									
	5	25	63	300	192					
	6									
	7									
	8									
	9									
	10									
	11									
	12									
	13									
	14									
	15									
16										

	17								
Т-1	ШР-2	2500	4000	3125	55	2,25	7	3,18	Е40У
	ШР-3	6300	6300	6300	55				Е40С
	ШР-4	4000	4000	4000	55				Е40У
	ШР-5	4000			55				
Т-2	ШР-1	320	630	1250	40	2,28	5	3,22	ВА5739
	ШМ	4000	4000	3125	55				7

Умови вибору магнітних пускачів для вентиляторів, насосів, центрифуг:

$$U_{\text{ном.п.}} \geq U_{\text{мер}}$$

$$I_{\text{пуск.}} \geq I_{\text{дв.}}$$

$$P_{\text{пуск.}} \geq P_{\text{дв.}}$$

$$I_{\text{РТ}} > I_{\text{дв.}}$$

Табл.4.2.2.

Електроприймач			Магнітний пускач			Телове реле	
Назва	$I_{\text{дв.}}, \text{А}$	$P_{\text{дв.}}, \text{кВт}$	Назва	$I_{\text{пуск.}}, \text{А}$	$P_{\text{пуск.}}, \text{кВт}$	Назва	Діапазон регулювання
Насос (№24-28)	191,7	85	ПМЛ-7210	250	110	РТЛ 3270	(165...270),А
Насос (№29-31)	117,3	52	ПМЛ-5210	125	55	РТЛ 3170	(102...170),А
Насос (№32-33)	135,3	60	ПМЛ-6210	160	75	РТЛ 3170	(102...170),А
Центрифуга (№34-35)	90,2	44	ПМЛ-5210	125	55	РТЛ 3125	(74...125),А
Центрифуга (№36)	36,9	18	ПМЛ-3210	40	18,5	РТЛ 2055	(30...41),А
Вентилятор (№37)	139,8	62	ПМЛ-6210	160	75	РТЛ 3170	(102...170),А
Насос (№38-43)	270,6	120	ПМЛ-8100	400	200	РТЛ 4410	(250...410),А
Вентилятори (№45-46)	36,1	16	ПМЛ-3210	40	18,5	РТЛ 2055	(30...41),А

4.3. Вибір електричних апаратів РП - 10 кВ

Високовольтні роз'єднувачі і вимикачі вибираються за наступними умовами:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН2}}$$

$$3) I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{кз.}}$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{роз.}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{кз.}} + i_{\text{а}};$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{кз.}}$$

$$7) I_{0.0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

В кабельну лінію СБ – 3 x 185 оберемо ВВ:

$$1) U_{\text{ном}} \geq U_{\text{ном.мер.}}$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

$$2) I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ВН}}$$

$$630 \text{ А} > 366,7 \text{ А.}$$

$$3) I_{\text{роз.}} \geq I_{\text{кз.}}$$

$$31,5 \text{ кА} > 5,76 \text{ кА.}$$

$$4) \sqrt{2} * I_{\text{ном.р.}} * \left(1 + \frac{\beta_{\text{н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} * I_{\text{кз.}} + i_{\text{а}};$$

$$\sqrt{2} * 31,5 * \left(1 + \frac{40}{100}\right) = 46,3 \text{ кА} > \sqrt{2} * 5,76 + 0,25 = 8,4 \text{ кА.}$$

$$5) i_{\text{дин.}} \geq i_{\text{уд.}}$$

$$80 \text{ кА} > 13,03 \text{ кА.}$$

$$6) I_{\text{дин.}} \geq I_{\text{кз.}}$$

$$36 \text{ кА} > 5,76 \text{ кА.}$$

$$7) I_{0,0}^2 * \tau \geq \beta_{\text{к.}}$$

$$4800 \text{ кА}^2 * \text{с} > 13,6 \text{ кА}^2 * \text{с.}$$

Подальші результати розрахунків занесемов таблицю.

Табл.4.3.1

Лінія	$U_{\text{мкВ}}$	$U_{\text{ввкВ}}$	$I_{\text{вн2, А}}$	$I_{\text{вв, А}}$	Тип
СБ – 3 x 185	10	10	366,7	630	LF1-10- 31,5/630
СБ – 3 x 35	10	10	71,83	630	LF1-10- 31,5/630

Високовольтні ро'єднувачі .

Табл.4.3.2.

Лінія	$U_{\text{ном.мкВ}}$	$U_{\text{ном.ввкВ}}$	$I_{\text{р, А}}$	$I_{\text{р.вв, А}}$	Тип
СБ – 3 x 185	10	10	366,7	400	РЛНД- 10/400У1
СБ – 3 x 35	10	10	71,83	400	РЛНД- 10/400У1

4.4. Вибір трансформаторів струму для приладів контролю і обліку

Система SMART IMS призначена для обліку електроенергії міського або районного масштабу й може виконувати безперервний дистанційний облік споживання електроенергії в побутовому секторі: багатоквартирних будинках, приватному секторі, окремих котеджах, об'єктах малого бізнесу тощо.

Ця АСКОЕ виконує три основні функції:

- 1) збір, накопичення, обробку та подання інформації про споживану електроенергію;
- 2) контроль за технічним станом розподільних мереж і приладів обліку, виявлення порушень (аварій, несанкціонованого споживання електроенергії тощо), складання балансів різних рівнів (під'їзду, будинку, фідера, підстанції тощо);
- 3) керування споживанням електроенергії на рівні окремого споживача (обмеження споживання, відключення/підключення та ін.).

У складі системи SMART IMS три основні частини:

- 1) датчик електроенергії SMART ElSensor – складова електронного лічильника, що виконує такі функції:
 - вимірювання електроенергії та потужності для одного об'єкта споживання (наприклад, квартири) однофазної мережі живлення;

- передавання/приймання інформації через інтерфейс P-Net (4 проводи, прокладені в кабельній шахті під'їзду, наприклад телефонну проводку);
- зберігання інформації в енергонезалежній пам'яті;
- автоматичне відмикання в разі коротких замикань і різниці струмів у фазному й нейтральному проводах (виконання функцій ПЗВ);
- ручне дистанційне відімкнення за несплату, яке виконується за командою оператора з дистанційного пульта;
- програмування норми максимального споживання й відімкнення в разі перевищення цієї норми.

Виберемо ТС для лічильників за наступними умовами:

$$1) U_{1ном} \geq U_{ном.м.}$$

$$2) I_{1та} \geq I_{нн}$$

$$3) i_{дин} \geq i_{уд}$$

$$4) I_{\tau}^2 * \tau \geq B_{к}$$

$$5) Z_{2та} \geq Z_{2факт}$$

Оберемо ТС в коло відхідної від ТП лінії ШР-1.

Табл.4.4.1.

Тип ТС	Дані за каталогом	Умова		Розрахункові дані
		Перевірки	Фактична	

ТШП-0,66-1	$U_{1ном} = 0.66 \text{ кВ}$	\geq	$>$	$U_{ном.м} = 0.38 \text{ кВ}$
	$I_{1ном} = 300 \text{ А}$	\geq	$>$	$I_p = 260,86 \text{ А}$
	$i_{дин} = 5 \text{ кА}$	\geq	$>$	$i_{уд} = 3,22 \text{ кА}$
	$I_{\tau}^2 * \tau = 268 \text{ кА}^2 * \text{С}$	\geq	$>$	$B_k = 2,01 \text{ кА}^2 * \text{С}$
	$Z_{2ном} = 1.2 \text{ Ом}$	\geq	$>$	$Z_2 = 0,45 \text{ Ом}$

Табл.4.4.2.

Прилад	Тип приладу	Навантаження , В*А		
		Фаза А	Фаза В	Фаза С
Амперметр	Е - 378	0.1	-	-
Лічильник активної енергії	Меркурій 230	2.5	-	2.5
Усього		2,6	-	2,5

Сумарний опір приладів:

$$Z_{\Sigma \text{ прл}} = \frac{S_{\Sigma \text{ прил}}}{I_{2ном}^2} = \frac{2,6}{5^2} = 0.1 \text{ Ом}$$

Опір проводів:

$$Z_{пр} = Z_{2ном} - Z_{прл} - Z_{кн} = 1.2 - 0.1 - 0.05 = 1,05 \text{ Ом} ,$$

Довжина кабелів $l = 26 \text{ м}$.

Переріз проводів для ТС:

$$S = \frac{\rho * l}{Z_{пр}} = \frac{0.0172 * 26}{1,05} = 0,43 \text{ мм}^2.$$

Опір при перерізі $1,5 \text{ мм}^2$:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{\rho * l}{S} = \frac{0.0172 * 26}{1.5} = 0.3 \text{ Ом} .$$

Опір вторинної обмотки :

$$Z_2 = Z_{\text{пр}} + Z_{\text{прл}} + Z_{\text{кн}} = 0.3 + 0.1 + 0.05 = 0,45 \text{ Ом}.$$

Табл.4.4.3.

Коло приєднання	I_p, A	$I_{1\text{ном}}, \text{A}$	Трансформатор струму
ШР-1	260,86	300	ТШ-0,66-I
ШМ	2584,55	3000	ТШП-0,66-III
ШР-2	2200,3	2500	
ШР-3	4226,3	5000	
ШР-4	2552,3	3000	
ШР-5	3461,2	4000	

5 . Якість електричної енергії

Розвиток суспільства супроводжується зростаючим споживанням електричної енергії. Інтенсифікація виробництва, розвиток електротехнологій обумовлюють різкий зріст енергоємності і концентрації навантажень. Наприклад навантаження сучасного прокатного стану складає 150-200 МВт, а навантаження виробництва хлору та каустика на хімічних заводах досягло 50-80 МВт. Електричне навантаження підприємств основних галузей народного господарства в цілому досягло: у чорній металургії 700-1000 МВт; хімічній та для переробки нафти 200-600 МВт; машинобудуванні 100-300 МВт; цвітній промисловості 100-800 МВт.

Відбувається якісна та кількісна еволюція промислових споживачів. Зростає кількість нелінійних, несиметричних, різко змінних промислових споживачів електричної енергії. Це і напівпровідникові перетворювачі значної потужності у прокатному виробництві металургійних підприємств (тиристорні перетворювачі на 10 000 А і 1050 В), у електролізі. Ці споживачі не тільки впливають на форму кривої напруги, але й споживають значну реактивну потужність ($\text{tg}\varphi=2.4-2.0$).

У електросталеплавильних цехах використовують ДСП з пічними трансформаторами потужністю 63-160 МВА. Дугові електричні печі це різко змінні, нелінійні навантаження. Вони також споживають значні кількості реактивної потужності ($\text{tg}\varphi=0,88$).

Поліпшення якості сталі забезпечується за допомогою установок

електрошлакового переплаву, які споживають 5-10 МВА. Ці установки також є несиметричним навантаженням для мережі.

Величина напруги ТМ – 6300/10 на стороні НН:

$$U_2' = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}};$$

де U_2' – напруга на шинах НН, приведена коефіцієнтом трансформації з ВН;

$\Delta U_{\text{л}}$ – втрати напруги в 3 х СБ – 3 х 95 ;

$\Delta U_{\text{тр}}$ – втрати в трансформаторі ТМ – 6300 / 10.

Втрати напруги в ТМ – 6300/10:

$$U_{\text{ка}} = \frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{тр}}} * 100 = \frac{46,5}{6300} * 100 = 0,74 \%,$$

$$U_{\text{кр}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{ка}}^2} = \sqrt{7,5^2 - 0,74^2} = 7,46\%.$$

Втрати у вольтах:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\text{тр}} &= \frac{U}{S_{\text{тр}}} * (U_{\text{ка}} * (S_{\text{НН}} * \cos\varphi) + U_{\text{кр}} * (S_{\text{НН}} * \sin\varphi)) \\ &= \frac{10}{6300} * (0,48 * (5821,9 * 0,98) + 7,46 * (5821,9 * 0,22)) \\ &= 18,17 \text{ В.} \end{aligned}$$

Втрати в лінії ААБ – 3 х 185:

$$\begin{aligned} \Delta U &= \sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (\cos \varphi \cdot r_0 + \sin \varphi \cdot x_0) \\ &= \sqrt{3} * 0,6 * 366,7 * (0,98 * 0,1 + 0,2 * 0,077) = 38,19 \text{ В.} \end{aligned}$$

Значення U_2' :

$$U_2' = U - \Delta U_{\text{л}} - \Delta U_{\text{тр}} = 10000 - 38,19 - 18,17 = 9\,943,6 \text{ В.}$$

КТ (коефіцієнт трансформації) для ТМ – 6300 / 6:

$$K_T = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10}{0.4} = 25.$$

Фактична напруга:

$$U_{2\text{HH}} = \frac{U_2'}{K_T} = \frac{9943,6}{25} = 397,7 \text{ В.}$$

6. Електричне освітлення

Основна концепція освітлення великих промислових об'єктів полягає в основному в горизонтальному поверхневому освітленні. Таким чином, можна виконати мінімальні вимоги «Технічного регламенту для робочих місць» або відповідних стандартів (наприклад, EN 12464-1), одночасно залишаючи мінімальну кількість світлоточок.

У високих складських приміщеннях перевага віддається концепціям, які забезпечують гарне вертикальне освітлення передньої частини полиць з найбільш можливою відстанню між світильниками. Для цього багато виробників пропонують широкий спектр світильників з різним розподілом світла завдяки лінзам і відбивачам. Широкий пучок (100°) для великих приміщень, прожектори з середнім пучком (60°) для охоплення залу або вузький пучок (30°) для освітлення високих приміщень. Крім того, в залежності від вимог, також можливо вибирати між окремими світильниками або безперервними лініями.

Світловіддача та термін служби є важливими показниками ефективності світлодіодного світильника. Однак, особливо коли мова йде про освітлення промислових об'єктів, неможливо вказати стандартні значення для економії витрат. Рішення на користь світлодіодних технологій не означає, що споживання енергії зменшиться на 50%. Умови навколишнього середовища дуже сильно впливають на світловий потік світильника та, відповідно, на світловий ефект. Якщо світловий потік падає, то мінімальний рівень освітленості

вже неможливо буде досягти. Результатом цього є те, що кількість світильників повинна бути

збільшена або інтервали технічного обслуговування повинні бути скорочені. Це означає, що збільшуються витрати на придбання та технічне обслуговування та подовжується час амортизації інвестицій в освітлювальну установку.

КСС крива сили світла - Д (для світлодіодів лінійного типу).

При розрахунку висоти підвісу світильники врахуємо, що лише в одному приміщенні розміщена кран – балка, тому в цьому приміщенні висота підвісу світильників буде вища, чим в інших. Також врахуємо, що на висоті 5,5 від підлоги буде розташований шинопровід, тому освітлення потрібно розміщувати нижче хоча б на 0,5 метра.

Розрахуємо висоту розміщення світильників в приміщенні з кран – балкою:

$$H_{к.-б.} = H - h_c - h_p = 6 - 0,5 - 0,5 = 5 \text{ м,}$$

де H – висота цеху ;

h_c – довжина від стелі;

h_p – рівень робочої поверхні .

В приміщеннях без кран – балок:

$$H_p = H - h_c - h_p = 6 - 2 - 0,5 = 3,5 \text{ м.}$$

Розрахунок освітлення, для цеху хімічного уловлювання, будемо проводити для кожного приміщення окремо.

Розрахуємо освітлення для приміщення з кран – балкою, з розмірами:

$$a=10,9\text{м}; b=7,63\text{м.}$$

Визначимо площу:

$$S = a \times b = 10,9 * 7,63 = 83,17 \text{ м}^2 .$$

Нормована освітленість - $E_H = 200$ лк.

Відстань між центрами світильників (при КСС – Д);

$$L = \lambda * H_p = (1,8 \dots 2,6) * 5 = 9 \dots 13 \text{ м} .$$

Прийmemo $L = 10$ м .

Числов рядів:

$$n_B = \frac{b}{L} = \frac{7,63}{10} = 0,763 \approx 1.$$

Кількість світильників в ряду:

$$n_A = \frac{a}{L} = \frac{10,9}{10} = 1,09 \approx 1.$$

Але на мою думку, це мало світильників, тому прийmemo:

$$n_A = 2.$$

Кількість світильників:

$$N_{\text{св}} = n_A * n_B = 2 * 1 = 2.$$

Індекс форми приміщення цеху хімічного уловлювання:

$$i = \frac{S}{H_p * (A + B)} = \frac{83,17}{5 * (10,9 + 7,63)} = 0,9.$$

Прийmemo :

$$\rho_{\text{стелі}} = 50\%; \rho_{\text{стін}} = 30\%; \rho_{\text{підлоги}} = 10\%.$$

Коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0.39;$$

коефіцієнт запасу $\kappa_3 = 1.5$;

коефіцієнт нерівності $z = 1.15$.

Світловий потік приміщення площею $83,17 \text{ м}^2$:

$$\Phi_p = \frac{E_H * S * \kappa_3 * z}{N_{\text{л}} * \eta} = \frac{200 * 83,17 * 1.5 * 1.15}{2 * 0.39} = 29\,278 \text{ лм}.$$

Для встановлення в приміщенні з площею $83,17 \text{ м}^2$ обираю LED-світильники типу НВ-240 з $\Phi_H = 31\,500$ лм.

Відхилення Φ_p від Φ_n :

$$\Delta\Phi = \frac{\Phi_n - \Phi_p}{\Phi_p} * 100\% = \frac{31500 - 29278}{29278} * 100 = 7,6 \%,$$

що дозволяється (допустимі межі -10...+20 %).

Потужність, що споживається світильниками:

$$P_{св.} = N_l * P_n = 2 * 240 = 480 \text{ Вт} = 0,48 \text{ кВт.}$$

Питома потужність:

$$P_{пит.р.} = \frac{P_{о.р.}}{S} = \frac{480}{83,17} = 5,77 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

Результати інших приміщень занесемо в таблицю.

Табл.6.1.

$S, \text{мм}^2$	$H_p, \text{м}$	$P_n, \text{Вт}$	$\Phi_n, \text{лм}$	$N_l, \text{шт}$	$\Phi_p, \text{лм}$	$\Delta\Phi, \%$	$P_{пит.р.} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$
83,17	5	240	31500	2	29278	7,6	5,77
148,42	3,5	240	31500	3	33467	-5,9	4,85
82	3,5	240	31500	2	32148	-2	5,85
162,3	3,5	200	27000	4	26410	2,23	4,93
191,12	3,5	240	31500	4	29436	7	5,02
235,13	3,5	200	27000	6	24582	9,8	5,1
264,96	3,5	200	27000	6	25822	4,56	4,53
275,46	3,5	200	27000	6	26398	2,28	4,36

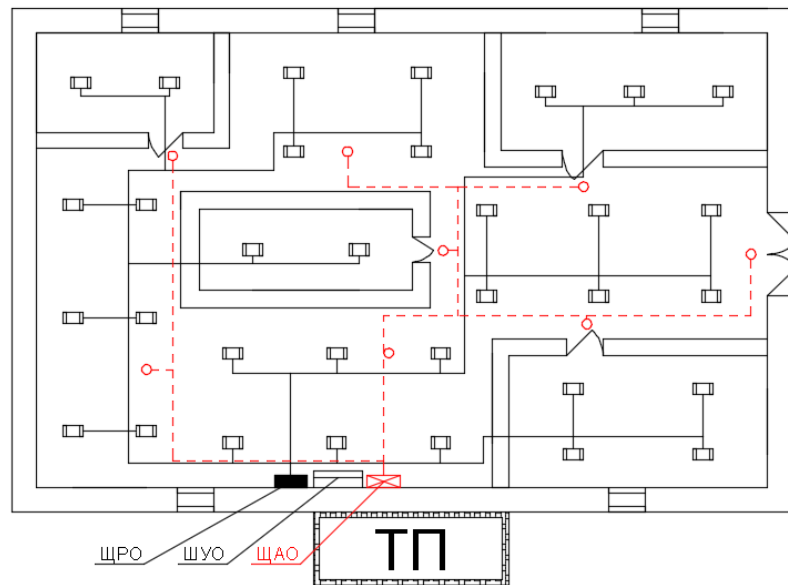


Рис.6.1. План освітлення

Для керування освітлення встановимо ШУО (шафу управління освітленням), номінальний струм якої, дорівнює номінальному струму робочого освітлення щитка робочого освітлення (ЩРО).

Згідно з таблицею, розрахуємо сумарну потужність споживання ОУ (освітлювальними установками):

$$P_{\text{ЩРО}} = \left(\sum P_{\text{св}} * n \right) * K_{\text{п}} = (240 * 11 + 200 * 22) * 0,95 = 6\,688 \text{ Вт,}$$

де $K_{\text{п}} = 0,95$ – для виробничих будівель.

Струм споживання ЩРО:

$$I_{\text{ЩРО}} = \frac{P_{\text{ЩРО}}}{\sqrt{3} * U_{\text{л}} * \cos\varphi} = \frac{6,689}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,95} = 10,7 \text{ А.}$$

Ввідний АВ для ШУО і ЩРО (так як їх номінальні струму однакові, тому що при аварійному освітленні споживатиметься менша потужність, а отже й менший струм протікатиме через ШУО):

$$I_{\text{розчп.}} \geq I_{\text{ЩРО.}}$$

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{розчп.}}$$

$$I_{\text{розчп.}} \geq 1.4 * I_{\text{ЩРО}};$$

$$I_{\text{розчп.}} = 16 \text{ A} > I_{\text{роб}} = 10,7 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{розчп.}} = 16 \text{ A};$$

$$I_{\text{розчп.}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{ЩРО}} = 1.4 * 10,7 = 15 \text{ A},$$

обираємо ВА21-29.

Від ТП до ШУО (і від ШУО до ЩРО) оберемо кабель за умовою:

$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{пр}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ A},$$

ВВГ – 4 х 2,5 з $I_{\text{доп}} = 30 \text{ A}$, так як це живлячий кабель.

Від ЩРО до груп світильників (враховуючи що там протікають набагато менші струми) обираю кабелі ВВГ – 4 х 1,5 $I_{\text{доп}} = 23 \text{ A}$.

Для аварійного освітлення використовуватимемо Г220-300-1.

Споживання потужності щитком ЩАО (щиток аварійного освітлення):

$$P_{\text{ЩАО}} = N_{\text{л}} * P_{\text{н}} = 8 * 300 = 2400 \text{ Вт} = 2,4 \text{ кВт.}$$

Струм до ЩАО :

$$I_{\text{ЩАО}} = \frac{P_{\text{ЩАО}}}{U_{\text{ф}} * \cos\varphi} = \frac{2,4}{0,23 * 1} = 10,44 \text{ A.}$$

АВ на ввіді ЩОА:

$$I_{\text{розчп.}} \geq I_{\text{ЩАО}};$$

$$I_{\text{ном.АВ}} \geq I_{\text{розчп.}};$$

$$I_{\text{розчп.}} \geq 1.4 * I_{\text{ЩАО}};$$

$$I_{\text{розчп.}} = 16 \text{ A} > I_{\text{а}} = 10,44 \text{ A}$$

$$I_{\text{ном.ав}} = 63 \text{ A} > I_{\text{розчп.}} = 16 \text{ A};$$

$$I_{\text{розчп.}} = 16 \text{ A} > 1.4 * I_{\text{ЩАО}} = 1.4 * 10,44 = 14,62 \text{ A.}$$

Кабель від ШУО до ЩАО:

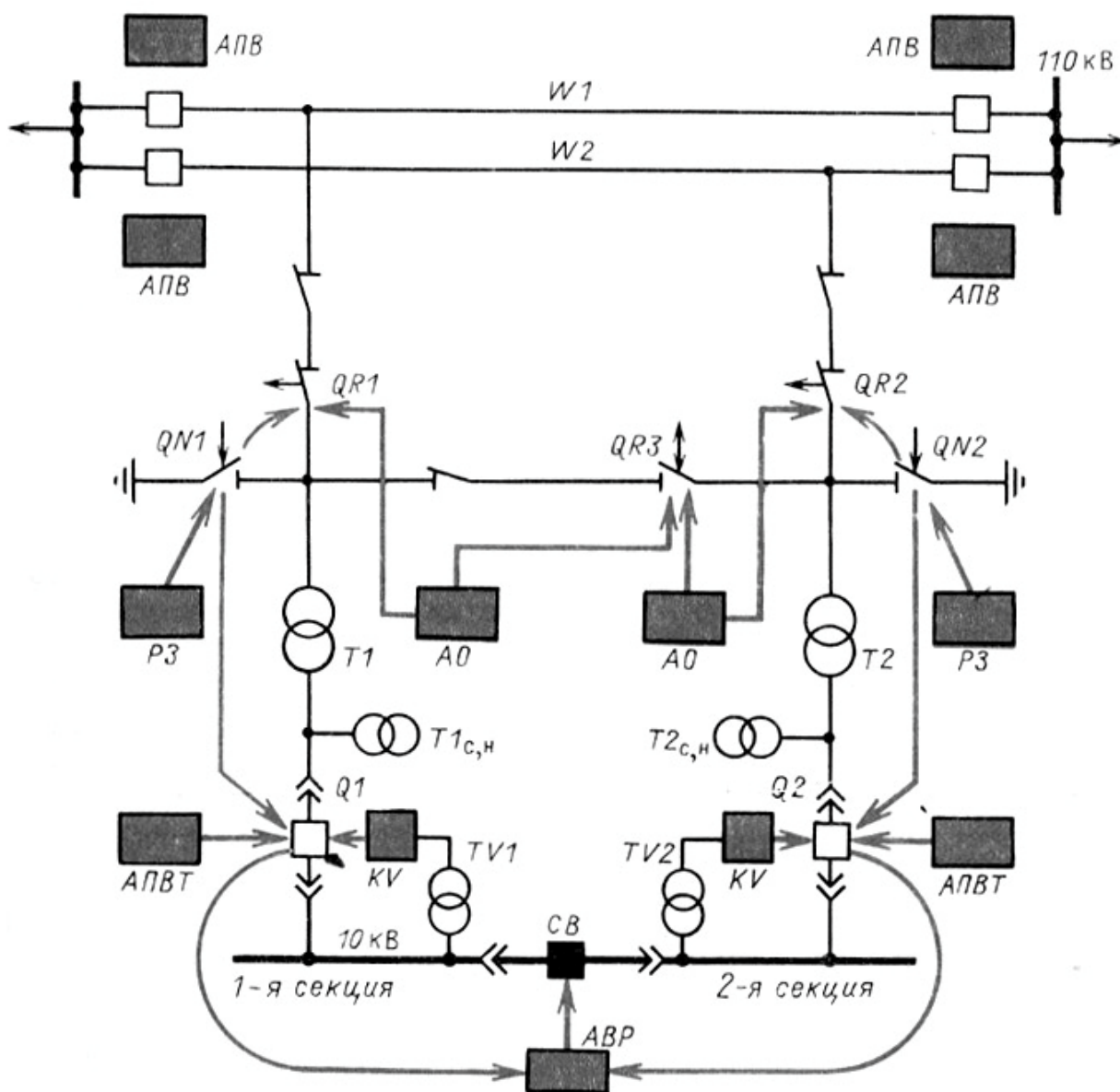
$$I_{\text{пр}} \geq \frac{k_3 * I_3}{K_{\text{прок}}} = \frac{1 * 16}{1} = 16 \text{ А},$$

ВВГ – 2 х 1,5 , з $I_{\text{доп}} = 18 \text{ А}$, враховуючи що це живлячий кабель.

Для відхідних ліній приймаємо кабелі ВВГ – 2 х 1,5 , враховуючи що потужність світильників мала, сила струму також, що в результаті дає мізерні втрати напруги.

АВР трансформаторів цехових ТП

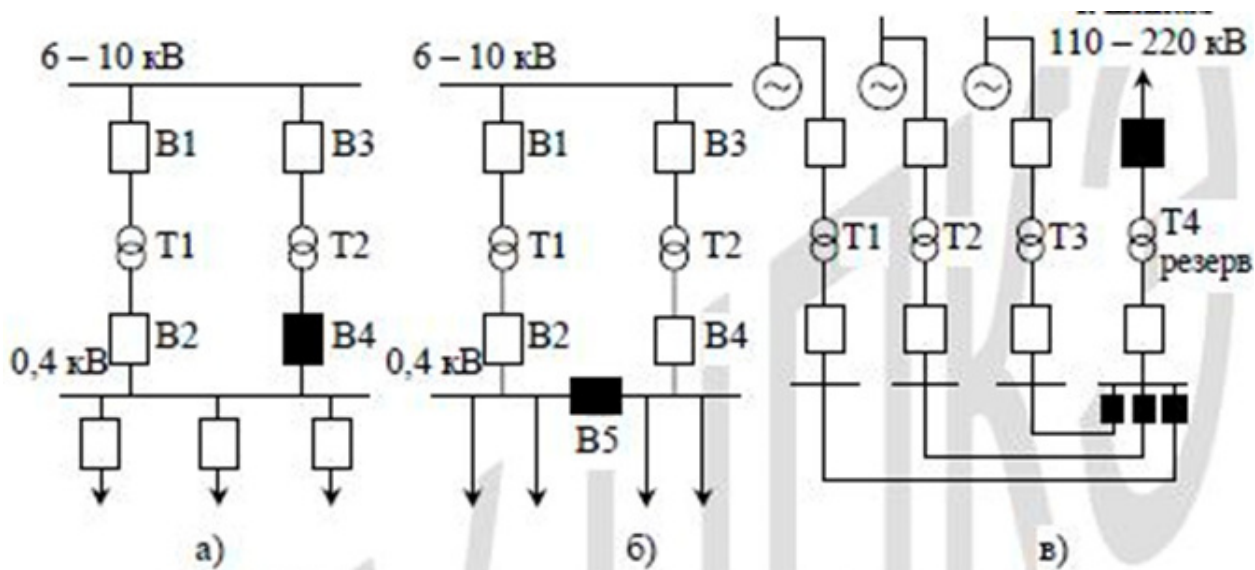
На розподільних підстанціях 6-10 кВ встановлюється, як правило, два і більше понижуючих трансформатора. Схема електропостачання з одним трансформатором застосовується рідко



Розглянемо підстанцію з двома трансформаторами (рис. 1.7, а). Як правило, групи з'єднань і апаратура на стороні 0,4 кВ допускають паралельну роботу цих трансформаторів.

Зазвичай на паралельну роботу встановлюють трансформатори однакової потужності. В такому випадку сумарне навантаження споживачів розподіляється між трансформаторами поровну- При великому навантаженні споживачів, коли трансформатори завантажені на 70% номіналу і вище, спільна робота трансформаторів виправдана.

У разі невеликого навантаження може виявитися вигідно відключити один з трансформаторів - сумарні втрати в обмотках трансформатора і втрати холостого ходу при цьому будуть знижені в порівнянні з паралельною роботою двох трансформаторів. Вибір моментів включення і відключення другого трансформатора на паралельну роботу визначається графіком навантаження споживачів і проводиться на основі відповідних розрахунків.



Проблема надійності полягає в забезпеченні автоматичного введення в роботу відключеного трансформатора при виході з ладу працюючого.

Можливий інший варіант побудови схеми харчування потребітетей. коли в нормальному режимі секційний вимикач відключений, і кожен трансформатор живить свою навантаження (рис. 1.7, б).

Якщо в одному з трансформаторів, наприклад Т1, відбудеться коротке замикання і він буде відключений дією релейної захисту, то після відключення вимикачів В1 і В2 необхідно включити секційний вимикач В5. Споживачі лівої секції отримають харчування від трансформатора Т2. Звичайно, це можливо, якщо трансформатор Т2 має достатню потужність для живлення споживачів двох секцій.

Автоматичне введення резерву широко застосовується в схемах живлення власних потреб електростанції. Для підвищення надійності трансформатори власних потреб резервуються. Кожен трансформатор власних потреб може резервувати будь-який інший трансформатор, якщо це дозволяє схема електричних з'єднань. Однак при такому підході схема автоматики виходить більш складною і менш надійною. Простіший є схема явного резервування, коли функції резервування закріплені за одним, які не працюють в нормальному режимі трансформатором (рис. 1.7, в).

Розглянуті приклади свідчать про різноманіття варіантів резервування, що повинно враховуватися при розробці схем автоматики.

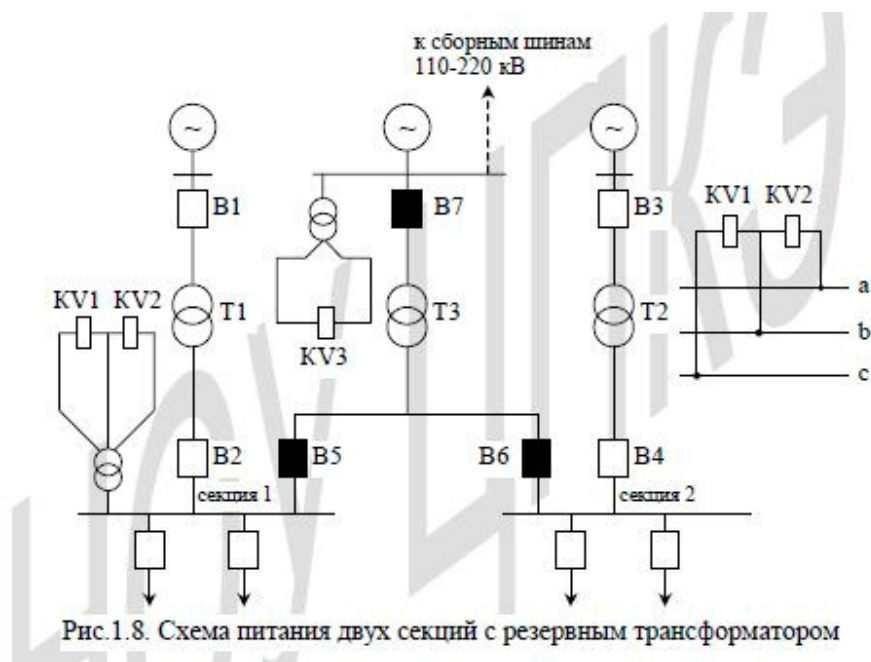


Схема живлення двох секцій з резервним трансформатором показана на рис. 1.8. Загальна ідеологія резервування тут аналогічна тій, яка розглянута на прикладі резервування лінії. У разі виходу з ладу робочого трансформатора, наприклад Т1, останній відключається з двох сторін, а також живлення споживачів першої секції перекладається на резервний трансформатор Т3. Відключення пошкодженої трансформатора двома вимикачами усуває можливість включення резервного трансформатора на пошкоджений робочий трансформатор.

У нормальному режимі трансформатор Т3 відключений і знаходиться в явному резерві. Його включення в роботу здійснюється вимикачами В5 і В7 при резервуванні трансформатора Т1 або вимикачами В6 і В7 при резервуванні трансформатора Т2.

Нагадаємо, що резервна лінія знаходилася в резерві під напругою і включалася в роботу одним вимикачем на приймальному коші. Таке рішення виправдане, тому що втрати електроенергії в лінії на холостому ході невеликі.

До того ж хтя управління вимикачем на живильному конпе лінії необхідно мати контрольний кабель від схеми АВР, що економічно не вигідно.

У нормальному режимі резервний трансформатор відключається з двох сторін - з боку споживачів і додатково з боку джерела живлення. Тому в режимі резерву трансформатор не перебуває під напругою, що дає економію на втратах холостого ходу. Вимикачі з низькою і високою боку трансформатора знаходяться на території однієї підстанції, тому особливих проблем з контрольним кабелем не виникає

Пуск схеми АВР трансформатора можна здійснити по-різному. Можливий варіант пуску від релейного захисту робочого трансформатора. При спрацьовуванні газової або диференційного захисту трансформатор відключається від мережі, наприклад, вимикачами В1 і В2 в разі пошкодження трансформатора Т1. Ця ж захист запускає схему АВР для включення резервного трансформатора Т3.

Можливий пуск схеми за допомогою реле мінімальної напруги, як це здійснено в схемі АВР лінії. Вибір варіанту визначається додатковими обставинами.

Схема АВР трансформатора для підстанції з двома робочими трансформаторами показана на рис. 1.9. Для спрощення показана схема резервування одного трансформатора Т1. Для трансформатора Т2 схема АВР аналогічна.

Пуск схеми здійснюється за допомогою реле мінімальної напруги KV1 і KV2. Після закінчення витримки часу реле часу КТ подається сигнал на проміжне реле KL1 і далі через контакти KL1.1 і KL1.2 на відключають котушки У АТ1 і УАТ2.

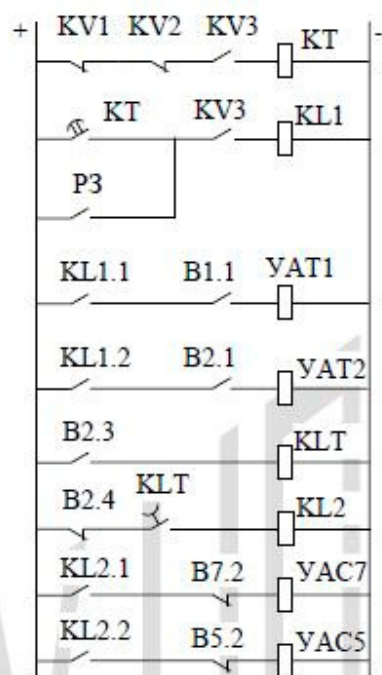


Рис.1.9. Схема АВР трансформатора

Допоміжні контакти вимикача В2.3 знімають напругу з проміжного реле KLT. Це реле має затримку на відпускання якоря, що забезпечує однократність включення резервного трансформатора. При відключенні вимикача В2 його контакти В2.4 запускають реле KL2, яке в свою чергу подає сигнали на котушки включення УАС5 і УАС7. Після витримки часу, достатній для одноразового включення вимикачів В5 і В7, контакти реле KLT розмикаються і розривають ланцюг реле KL2.

Якщо резервний трансформатор включився на стійке к.з. на збірних шинах секції I, то дією релейного захисту він відключиться. Повторного включення

резервного трансформатора не відбудеться, тому що до цього часу контакти реле KLT розімкнуться і сигнал на котушки включення УАС5 і УАС7 вступить.

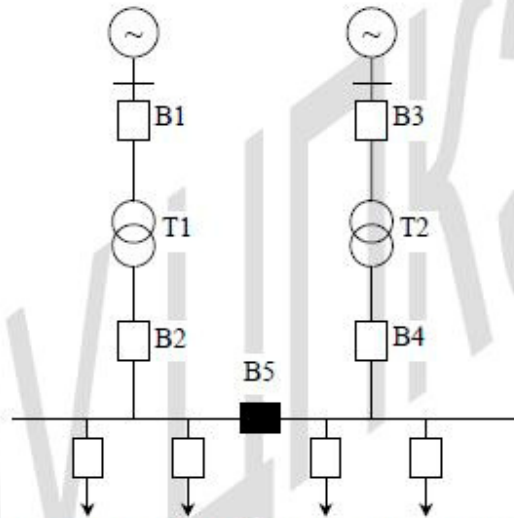


Рис.1.10. Схема питания двух секций с неявным резервированием

У разі неявного резерву до циклу АВР кожен трансформатор працює на навантаження своїх споживачів, підключених до секції (рис. 1.10). Секційний вимикач В5 нормально відключений. В аварійному режимі обидва трансформатора взаємно резервують один одного.

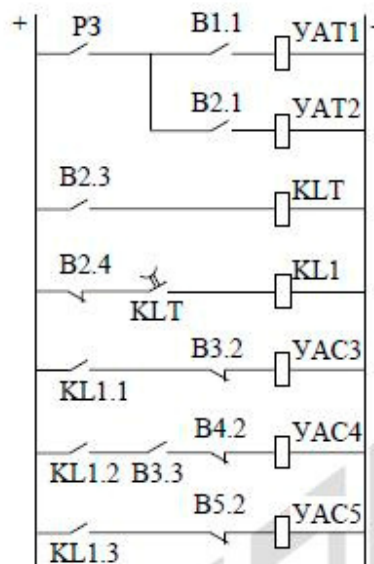


Рис.1.11. Схема АВР трансформатора с действием на секционный выключатель

На рис. 1.11 показана спрощена схема АВР. При відключенні одного з трансформаторів, наприклад першого, допоміжні контакти вимикача В2.3 розмикають ланцюг Рете КЛТ. Контакти В2.4 замикаються н подають напругу на проміжне реле КЛ1. яке спрацьовує і своїми контактами замикає ланцюг харчування котушок включення вимикачів УАС3. УАС4 і УАС5

Якщо трансформатор Т2 був включений, то включається тільки секційний вимикач В5. При відключеному трансформаторі Т2 будуть включатися три вимикача. Для усунення перевантаження акумуляторної батареї за рахунок одночасного включення трьох вимикачів передбачається блокування за допомогою додаткових контактів вимикача В3. Вимикач В4 включається тільки після того, як вимикач В3 вже включений.

У розглянутих випадках після дії схеми АВР на першу секцію подається напруга від трансформатора Т2. Аналогічним чином трансформатор Т2 резервується трансформатором Т1.

Слід мати на увазі, що в разі неявного резерву трансформатори виявляються перевантаженими. З метою усунення перевантаження залишається в роботі частина менш відповідальних споживачів повинна бути відключена. Величина потужності відключених споживачів повинна бути обгрунтована розрахунком.

8. Охорона праці

8.1 Обґрунтування рішення щодо розміщення електротехнічного обладнання

Вимірювальний трансформатор — трансформатор, призначений для пересилання інформаційного сигналу вимірювальним приладам, лічильникам, пристроям захисту і (або) керування.

Я встановлюю їх в трансформаторній підстанції, тому що через них підключаються вимірювальні прилади, котрі потрібно розміщувати в ТП згідно будівельних норм і зручності в експлуатації.

При монтажі підстанції в більшості випадків застосовують трансформатори струму ТПОФ, ТПЛ, ТПОЛ, ТПФМУ, ТПФМ, дані яких приведені в довідниках і каталогах. Вторинну обмотку на трансформаторі при монтажі надійно ізолюють від первинної, при цьому вторинні обмотки, не приєднані до приладів, замикають накоротко і заземлюють безпосередньо на затискачах трансформатора струму.

У прийнятих для монтажу трансформаторів струму в першу чергу оглядають фарфорову ізоляцію, струмоведучий стрижень або шини, до фарфорової ізоляції й арміровки трансформаторів струму, прийнятих для монтажу, пред'являють ті ж вимоги, що і до фарфорової ізоляції й арміровки опорних ізоляторів. Крім того, перевіряють відсутність ушкоджень кожуха, фланця і колодок вторинних виводів, чи маються позначення виводів і паспортна табличка.

Крім зовнішнього огляду всі трансформатори струму перед монтажем перевіряють на відсутність обривів у вторинної обмотки, правильність маркірування виводів і інших даних по ПУЕ, а так само стан ізоляції обох обмоток і справність сталевого сердечника. У закритих розподільних пристроях (ЗРУ 6—10 кВ) прохідні трансформатори струму часто

застосовують як прохідні ізолятори. Монтаж таких трансформаторів струму ведеться по тій же технологічній схемі, що і монтаж прохідних ізоляторів.

При монтажі трансформаторів напруги спочатку встановлюють опорну конструкцію (якщо трансформатор не встановлений безпосередньо на бетонній підлозі); потім піднімають на робоче місце і встановлюють трансформатор і приєднують заземлення. Трансформатор установлюють так, щоб доступ до спускної пробки був з боку коридору керування (відстань від рівня підлоги до пробки повинна бути не менш 200 мм) або передбачають відповідний приямок.

Опорні конструкції для трансформаторів напруги можуть бути різноманітного виконання. Конструкцію для установки трансформатора НТМИ-10 виготовляють з кутової сталі і закріплюють безпосередньо на підлозі камери. Нижній косинець разом з підставами стійок заливають бетонним розчином. У ряді випадків у проектах передбачають установку в камері закритого РУ підстанції чотирьох трансформаторів НОМ-10 на конструкції, виготовленої з кутової сталі.

Ці трансформатори піднімають на конструкцію блоком або таллю. Під час установки трансформаторів їхні первинні зажими «висока напруга» (ВН) повинні бути закорочені і заземлені, а проводи вторинного ланцюга «низька напруга» (НН) відключені, тому що при випадковому підключенні до них проводів освітлювальної або силової мережі на виводах первинної обмотки трансформатора з'являється висока напруга.

Монтуючи трифазні трансформатори напруги, враховують загальний порядок чергування фаз, прийнятий у РУ. В однофазних трансформаторів вивод, що має маркування Х, заземлюють. Якщо встановлюють три однофазних трансформатори, то усі виводи Х з'єднують загальною шиною і заземлюють. Коли встановлюють два трансформатори напруги і з'єднують їх у відкритий трикутник, робочу фазу з боку НН заземлюють тільки в тому

випадку, якщо це передбачено проектом. Корпус кожного трансформатора приєднують до пристрою, що заземлює, окремою шиною.

8.2 Організаційні та технічні заходи з охорони праці

Аналіз небезпеки ураження людини в різних електричних мережах при нормальних режимах роботи (двофазне та однофазне включення людини в мережу: якщо людина торкається одночасно двох точок електричної частини електроустановки, між якими існує напруга, то при цьому утворюється замкнуте електричне коло, через тіло людини проходить струм. Величина цього струму залежить від схеми дотику людини, напруги кола, схеми самого електричного кола, режиму нейтралі електричного кола, опору тіла людини, якості ізолювання струмоведучих частин від землі, ємності струмоведучих частин відносно землі тощо.

В промисловості, в основному, використовуються трифазні мережі (трипровідні) з ізолюваною нейтраллю та чотирипровідні з глухо заземленою нейтраллю.

Нейтраль, або нейтральна точка обмотки джерела електричного живлення, - це точка, напруга якої відносно всіх зовнішніх виводів обмотки однакова за абсолютним значенням. Мережі з ізолюваною нейтраллю застосовуються в тих випадках, коли є можливість підтримувати високий рівень ізоляції проводів, а ємність мережі відносно землі незначна. До них відносяться малорозгалужені мережі, які не підлягають впливу агресивного середовища та знаходяться під постійним наглядом персоналу. Мережу із заземленою нейтраллю застосовують там, де неможливо забезпечити якісну ізоляцію проводів (через високу вологість, агресивне середовище та ін.), коли не можна швидко знайти або усунути пошкодження ізоляції або коли ємнісні струми

електричного кола через значну розгалуженість мережі досягають великих значень, небезпечних для людини.

Найбільшу небезпеку для людини становить двофазний (двополюсний) дотик до електричного кола, тому що в цьому випадку людина опиняється під лінійною напругою мережі. На рис. 8.2.1 наведено одночасний дотик людини до двох полюсів електричного кола постійного струму або однофазного кола і дотик до двох фаз трифазного електричного кола.

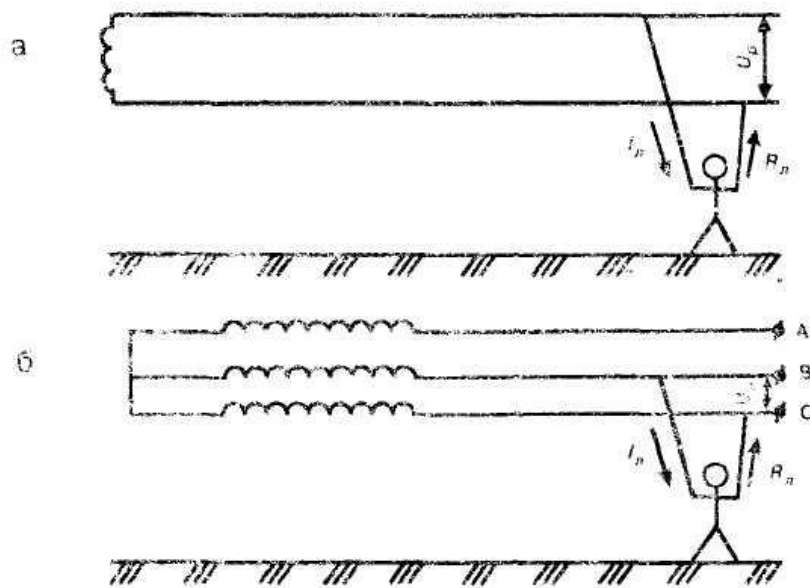


Рис. 8.2.1. Двофазний (двополюсний) дотик до струмоведучих частин:
а) а мережі постійного струму або однофазного кола; б) у трифазній мережі

При цьому людина опиняється під робочою напругою мережі і струм, що проходить крізь неї, обчислюється, А:

в мережі постійного струму або однофазному електричному колі:

$$I_{л} = \frac{U_{p}}{R_{л}}$$

де U_{p} - робоча напруга мережі, $R_{л}$ - опір людини; у трифазному електричному колі:

$$I_{л} = \frac{U_{ЛЛН}}{R_{ЛЛН}} = \frac{\sqrt{3}U_{\phi}}{R_{л}}$$

де $U_{ЛЛН}$ - лінійна напруга, В; U_{ϕ} - фазна напруга, В.

У другому випадку значення струму, що проходить через тіло людини, залежить від лінійної напруги мережі та опору людини. Статистика електротравм свідчить, що такі випадки трапляються рідко.

Найбільша кількість електротравм пов'язана з однофазним (однополюсним) дотиком людини до струмоведучих частин, при цьому напруга, під якою опиняється людина, не перевищує фазної напруги. Якщо людина, що стоїть на землі, торкається одного з полюсів або однієї з фаз електричного кола в мережі з ізольованою нейтраллю то струм замикається через тіло людини, землю і далі через опір ізоляції і ємності фаз (рис. 8.2.2).

На цьому рисунку опір r_a, r_b, r_c , ємності C_a, C_b, C_c - це розподілені в електричному колі параметри, що зумовлені активною, провідністю ізоляції та ємністю фаз відносно землі.

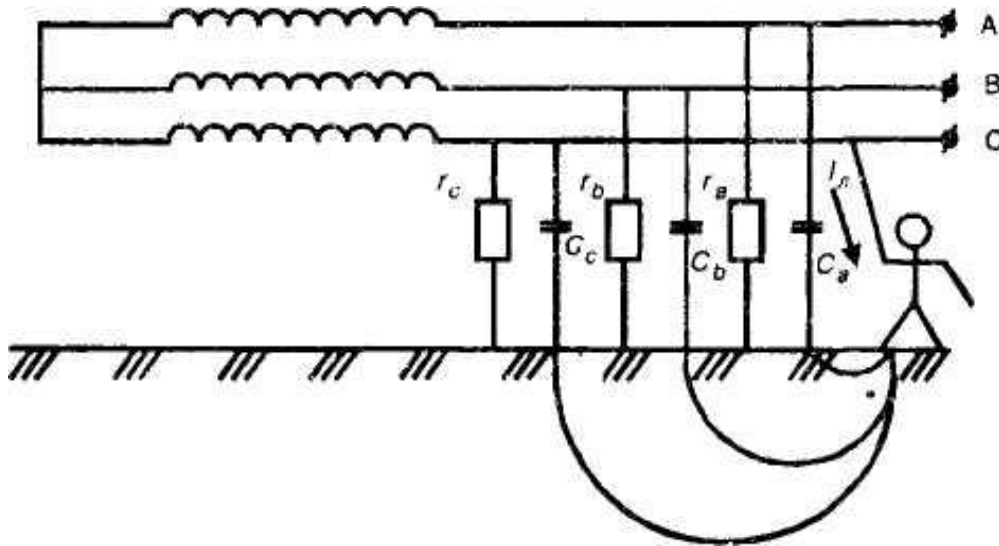


Рис. 8.2.2 Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі з ізольованою нейтраллю

В такій мережі напругою до 1000 В за умови її малої довжини ємнісним опором ізоляції можна знехтувати, і тоді і струм, що проходить крізь людину, дорівнює:

$$I_{л} = \frac{3U_{\phi}}{3R_{л} = r_{13}}$$

де r_{13} - опір ізоляції фаз мережі відносно землі.

Мережа із заземленою нейтраллю (рис. 8.2.3) характеризується тим, що нейтральна точка джерела живлення з'єднана і землею через малий опір R_0 :

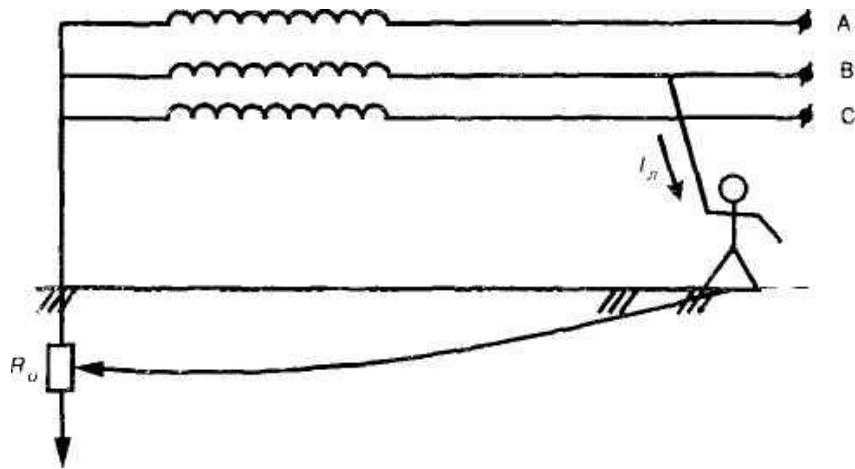


Рис. 8.2,3. Однофазний дотик до струмоведучих частин в мережі із заземленою нейтраллю

В мережі із заземленою нейтраллю струм проходить через тіло людини в землю і далі через заземлення нейтралі - вмережу. Практично він не залежить від стану ізоляції і визначається за виразом, А:

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л} + R_0}$$

Оскільки R_0 - невелике, його можна не брати до уваги. Тоді

$$I_{л} = \frac{U_{\phi}}{R_{л}}$$

При аварійних режимах (замикання на корпус або замикання на землю) умови змінюються.

Наприклад, якщо одна із фаз замкнена на землю через відносно малий активний опір r_3 , величина струму, що проходить через людину при однофазному включенні в мережу із ізолюваною нейтраллю (рис. 8.2.4), буде дорівнювати, А:

$$I_{л} = \frac{U_{лн}}{R_{л} + r_3}$$

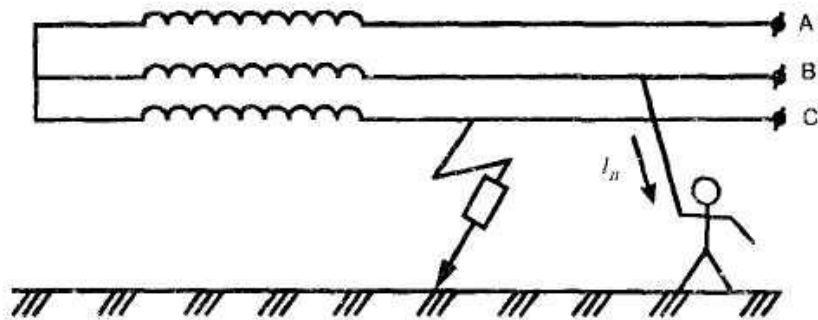


Рис. 8.2.4. Однофазне включення людини в мережу з ізолюваною нейтраллю

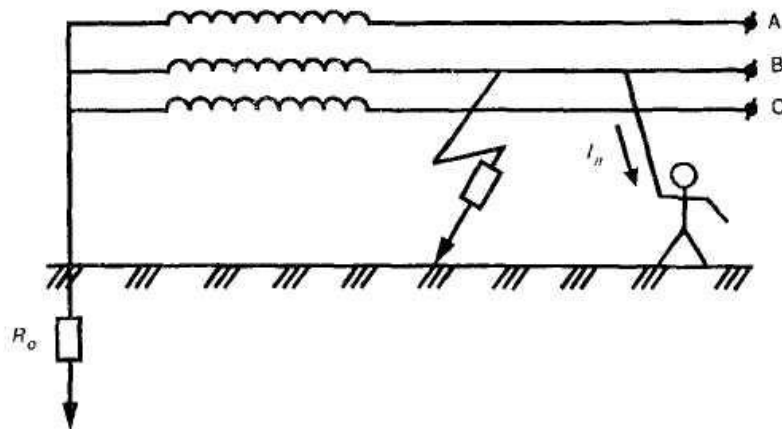


Рис. 8.2.5. Однофазне включення людини в мережу з заземленою нейтраллю

$$I_{л} = \frac{U_{лн}}{R_{л}}$$

де $U_{ЛНН}$ - напруга, під якою опиняється людина, що підключається до працюючого фазного проводу аварійної трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю (рис. 8.2.5). Як правило, $\sqrt{3}U_{\phi} > U_{ЛНН} > U_P$, тому що фактичний опір завжди більше 0. Таким чином, включення людини в аварійну мережу більш небезпечно, ніж в працюючу на нормальному режимі.

В мережах напругою понад 1000 В небезпека однофазного і двофазного дотиків практично однакова. Кожен із цих дотиків дуже небезпечний.

Дія напруги кроку на людину: при замиканні струмоведучих частин безпосередньо на землю чи на корпуси електрообладнання, що мають зв'язок із землею і струмопровідні основи", електричний струм розтікається від місця замикання рівномірно по всіх напрямках напівсфери об'єму землі. По мірі віддалення від місця розтікання густина струму землі зменшується, оскільки збільшується об'єм землі, по якому проходить струм. На відстані від місця замкнення 20 м і більше густина струму стає настільки малою, що практично приймається рівною 0. Такий саме характер має і розподіл потенціалів навкруг місця замикання на землю (рис.8.2.6).

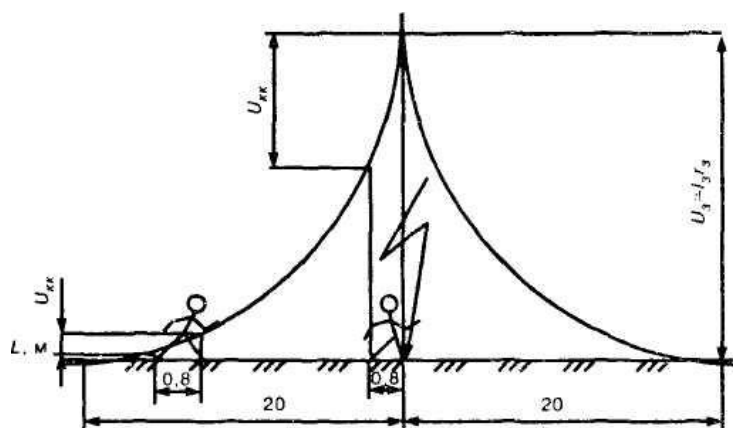


Рис. 8.2.6. Розподіл потенціалу на поверхні землі в зоні розтікання струму півсферичного заземлювача

Людина, що стоїть ногами (у взутті, що проводить струм) в зоні розтікання струму на точках з різними потенціалами, знаходиться під впливом різниці

потенціалів або, інакше кажучи, під впливом напруги кроку опиняється включеною в електричне коло, внаслідок чого через тіло людини проходить струм напрямком нога - нога.

Крокова напруга - це різниця потенціалів між двома точками в зоні розтікання струму, що знаходяться на відстані кроку, яка дорівнює 0,8 м.

Незважаючи на те, що шлях струму нога-нога відноситься до порівняно небезпечних, існує реальна загроза життю людини. Вона полягає в тому, що людина, яка перебуває під кроковою напругою, падає через судоми ніг і це призводить не тільки до збільшення діючої на неї напруги, але й до появи струму, що проходить по одному із самих небезпечних шляхів: рука-нога. Величина крокової напруги залежить від ширини кроку і відстані до місця замкнення на землю.

При виявленні замикань на землю забороняється наближатися до них на відстань менше 4,0 м в закритих приміщеннях і ближче 3,0 м на відкритій місцевості. Наближення на меншу відстань припускається тільки з метою виконання робіт по усуненню замикання на землю та при необхідності надання допомоги потерпілим. В цих випадках слід користуватися електрозахисними засобами (діелектричними калошами, ботами, рукавицями та ін.),

У разі необхідності виходу із небезпечної зони або входу до неї для надання допомоги слід віддалятися від місця замикання чи наближатися до нього стрибками на одній нозі, або на двох, або мілкими кроками, що не перебільшують довжину ступні. Це зменшує потенціал крокової напруги практично до 0.

Електробезпека на виробництві забезпечується відповідною конструкцією електроустановок, застосуванням технічних способів та засобів захисту; організаційними та технічними заходами.

Конструкція електроустановок повинна відповідати умовам експлуатації, забезпечувати захист персоналу від дотику із струмоведучими і рухомими частинами та від попадання всередину обладнання сторонніх предметів і води.

Забезпечення електробезпеки від випадкового дотику до струмоведучих частин досягається такими способами та засобами, що застосовуються або окремо, або в поєднанні один з одним: захисні огорожі; ізоляція струмоведучих частин; застосування малих напруг; електричний розподіл мережі; захисне заземлення; захисне занулення; захисне відключення; захист від небезпеки при переході напруги з вищої сторони на нижчу; компенсація струмів замикання на землю; ізолюючі захисні та охоронні засоби; організація безпечної експлуатації електроустановок.

8.3. Практичний розрахунок

Людина доторкнулась до фазного проводу трифазної чотирипровідної мережі 380/220В (частотою 50Гц) з заземленою нейтраллю. Накреслити схеми і визначити напругу дотику ($U_{\text{дот}}$) та силу струму, що проходить через людину ($I_{\text{л}}$) для двох режимів роботи електроустановки: нормальному та аварійному (людина доторкнулась до фазного провідника в момент, коли інший провідник був замкнений на землю через різні опори замикання на землю $R_{\text{зам}}$, Ом). Покажіть, в яких випадках доторкання небезпечніше. В розрахунках прийняти опір тіла людини $R_{\text{л}}$, Ом; опір заземлення нейтралі R_0 , Ом; опір ізоляції провідників $R_A = R_B = R_C = R_N = R$, Ом; ємність провідників $C_A = C_B = C_C = C_N = C$; мкФ. Вихідні дані для розрахунку: $R_{\text{л}} = 850$ Ом; $R_0 = 3,7$ Ом; $R = 30$ кОм; $C = 0,06$ мкФ; $R_{\text{зам}} = 110; 60; 3; 0,5$; Ом.

Напруга дотику для нормального режиму:

$$U_{\text{дот}} = U_{\text{ф}} * \frac{R_{\text{л}}}{R_{\text{л}} + R_0} = 220 * \frac{850}{850 + 3,7} = 219,05 \text{ В.}$$

Струм через людину:

$$I_{\text{л}} = \frac{U_{\text{ф}}}{R_{\text{л}} + R_0} = \frac{220}{850 + 3,7} = 0,26 \text{ А.}$$

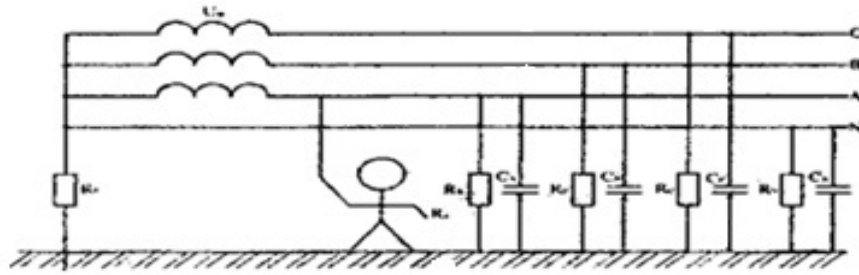


Рис.8.3.1 Однофазний дотик людини до проводу трифазної

Величина напруги дотику в аварійному режимі:

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)};$$

$R_{\text{зам}} = 110 \text{ Ом}; 60 \text{ Ом}; 3 \text{ Ом}; 0,5 \text{ Ом}.$

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)}$$

$$= 220 * 850 * \frac{110 + 3,7 * \sqrt{3}}{110 * 3,7 + 850 * (110 + 3,7)} = 224,3 \text{ В};$$

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)}$$

$$= 220 * 850 * \frac{60 + 3,7 * \sqrt{3}}{60 * 3,7 + 850 * (60 + 3,7)} = 228,42 \text{ В};$$

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)}$$

$$= 220 * 850 * \frac{3 + 3,7 * \sqrt{3}}{3 * 3,7 + 850 * (3 + 3,7)} = 308,34 \text{ В};$$

$$U_{\text{дот}} = U_{\phi} * R_{\text{л}} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)}$$

$$= 220 * 850 * \frac{0,5 + 3,7 * \sqrt{3}}{0,5 * 3,7 + 850 * (0,5 + 3,7)} = 372,71 \text{ В}.$$

Струм, що проходитьиме через людини в аварійному режимі:

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{110 + 3,7 * \sqrt{3}}{110 * 3,7 + 850 * (110 + 3,7)}$$

$$= 0.264 \text{ A};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{60 + 3,7 * \sqrt{3}}{60 * 3,7 + 850 * (60 + 3,7)}$$

$$= 0.27 \text{ A};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 220 * \frac{3 + 3,7 * \sqrt{3}}{3 * 3,7 + 850 * (3 + 3,7)}$$

$$= 0.363 \text{ A};$$

$$I_{\text{л}} = U_{\phi} * \frac{R_{\text{зам}} + R_0 * \sqrt{3}}{R_{\text{зам}} * R_0 + R_{\text{л}} * (R_{\text{зам}} + R_0)} = 20 * \frac{0,5 + 3,7 * \sqrt{3}}{0,5 * 3,7 + 850 * (0,5 + 3,7)}$$

$$= 0.426 \text{ A}.$$

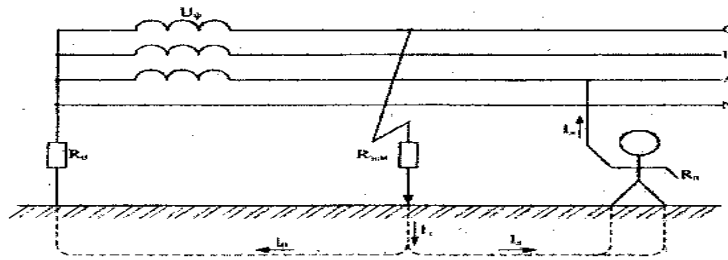


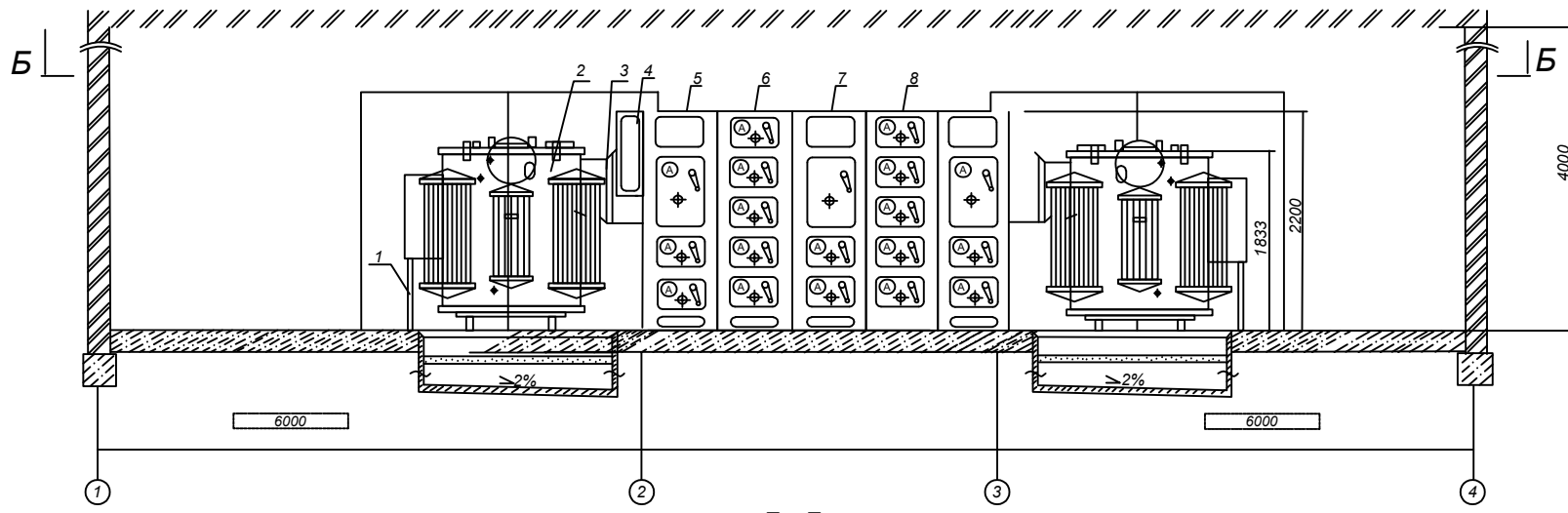
Рис.8.3.2 Однофазний дотик людини до проводу трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю при аварійному режимі.

В аварійному режимі при найменшому опорі замикання, існує найбільша небезпека для людини ураженням струмом, що може призвести до летальних наслідків.

Список використаної літератури

1. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств . Підручник . – Вінниця : Нова книга , 2004 . – 656 с .
2. Сірий О.М. Системи електроспоживання : розрахунки , вибір обладнання : Навч. посіб . – К.: НУХТ , 2011. – 319 с.
3. Основи електроенергетики та електропостачання : Підручник. – 2 – ге вид., переоб., і доп. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка» , 2009. – 436 с.
4. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
5. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 “Електричні системи та мережі”. / Укл.: Буйний Р.О., Ананьєв В.М., Тисленко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2004-70с.

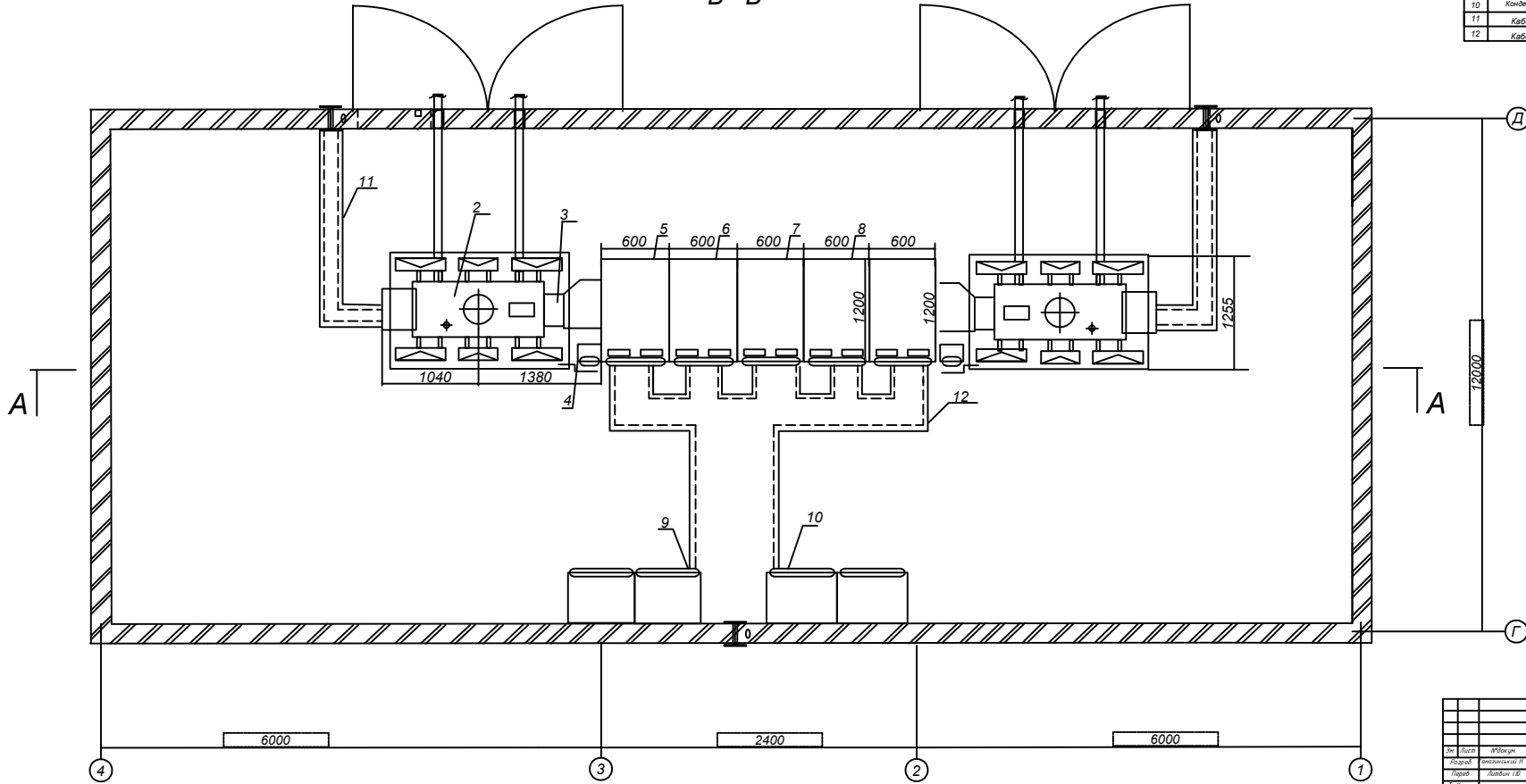
A - A



Експлікація обладнання

Поз.	Найменування	Позначення	Кількість
1	Кабель ВН	ААБ - 3 x 120	2
2	Силовий трансформатор	ТМ - 6300 / 10	2
3	Струмовий	-	2
4	Шафа обліку	-	2
5	Шафа вводу НН	Щ-0.4-В302	2
6	Лінійна шафа	Щ-0.4-П207	1
7	Секційна шафа	Щ-0.4-С301	1
8	Лінійна шафа	Щ-0.4-П311	1
9	Конденсаторна установка	ВАРНЕТ-АС-10.5-1000-750	2
10	Конденсаторна установка	ВАРНЕТ-АС-275050-403	2
11	Кабельний канал ВН	-	1
12	Кабельний канал НН	-	1

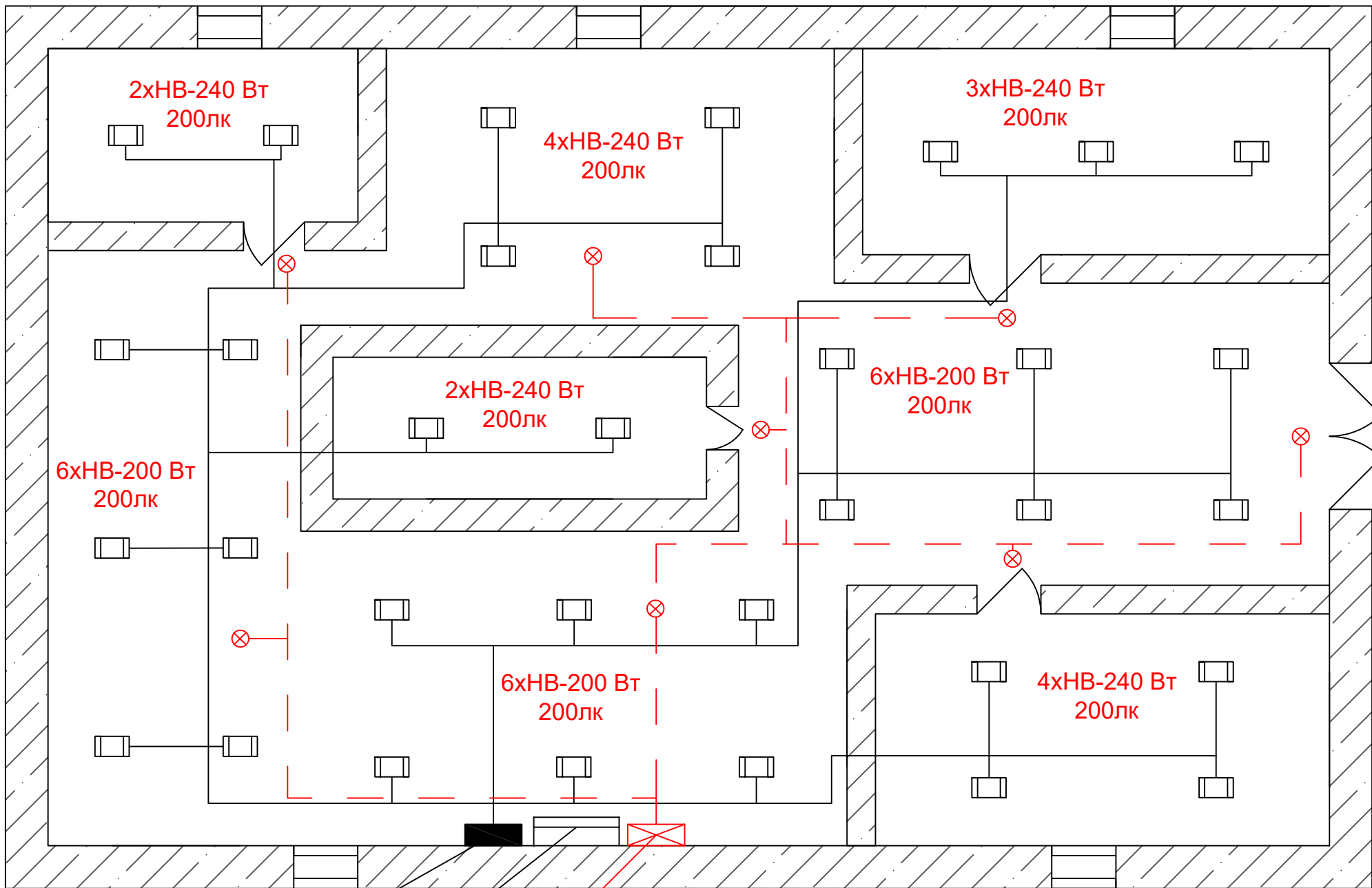
Б - Б



ДП 2020 141

				Конструкція цехової трансформаторної підстанції		Масштаб	Масштаб
Зм.	Висл.	Мітка	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Виконав.	Перевір.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
І. Ковал	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
ІІ. Ковал	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
ІІІ. Ковал	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

ННІПІ ім.акад. І.С. Гулюго
ЕЛ - 4 - 4

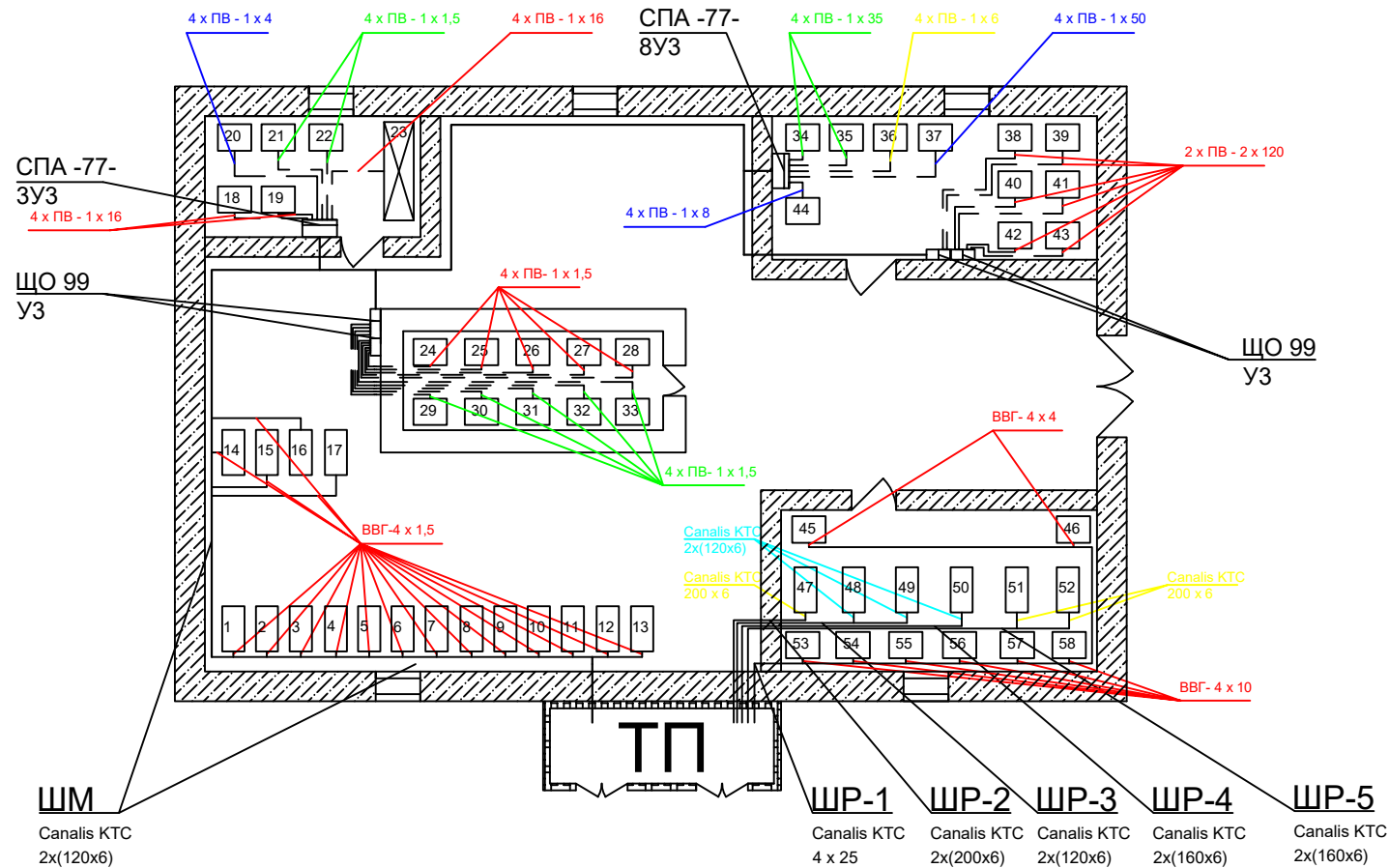


ЩРО

ЩУО

ЩАО

ТП



№	Електроприймач	п.шт	Р,кВт
1-4	Механізований освітлювач	4	7
5-17	Механізований освітлювач	13	10
18-19	Наждачний станок	2	20
20	Токарний станок	1	8
21-22	Свердильні станки	2	4
23	Кран - балка ПВ = 40%	1	17
24-28	Насос	5	85
29-31	Насос	3	52
32-33	Насос	2	60
34-35	Центрифуга	2	44
36	Центрифуга	1	18
37	Вентилятор	1	62
38-43	Насоси	6	120
44	Теплова завіса	1	17
45-46	Вентилятори	2	16
47	Нагнітач коксового газу	1	1000
48-50	Нагнітач коксового газу	3	1160
51-52	Нагнітач коксового газу	2	950
53-58	Валоповоротники	6	20

Змн.				Арк.				№ докум.				Підпис				Дата			
Розробив				Гамазинський Н.О.															
Перевірив				Литвин І.Ю.															
Т.контр.																			
Н.контр.																			
Затвердив				Балюта С.М.															

ДП 2020 141

Однолінійна схема електропостачання цеху хімічного уловлювання хімічного комбінату

Літ.	Маса	Масштаб

Арк.	Аркушів

ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
ЕЛ - 4 - 4