

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра електроенергетики

Робота допущена до захисту

Зав. кафедри електроенергетики

_____ І. Л. Лебединський

" ____ " _____ 2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

на тему:

**«Проектування системи електропостачання підприємства по
виготовленню бітумної продукції»**

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Виконав студент гр. ЕТ.мдн-11гл _____ С. І. Лоцман

Керівник, к.ф.-м.н, доцент _____ М. В. Петровський

Консультант

з економічної частини, к.е.н., доцент _____ О. М. Маценко

Нормоконтроль _____ М. А. Никифоров

Суми – 2022

РЕФЕРАТ

с. 104, табл. 34, рис.27.

Бібліографічний опис: Лоцман С. І. Проектування системи електропостачання підприємства по виготовленню бітумної продукції [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра; спец.: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / С.І. Лоцман; керівник М.В. Петровський. – Суми: СумДУ, 2022. – 104 с.

Ключові слова:

електропостачання, трансформатор, напруга, силовий кабель, автоматичний вимикач;

электроснабжение, трансформатор, напряжение, силовой кабель, автоматический выключатель;

power supply, transformer, voltage, power cable, circuit breaker.

Короткий огляд.

На основі рекомендацій ПУЕ, обрана напруга живлення і схема електропостачання. Спроековано систему електропостачання організації на основі аналізу електричних навантажень. Виконано вибір оптимального числа та місця розташування трансформаторних підстанцій. Виконано вибір проводів і кабелів, комутаційних та захисних апаратів, розподільчих пристроїв. Проведений розрахунок релейного захисту трансформаторної підстанції та електричного освітлення підрозділу. Розглянуто питання охорони праці та проведений розрахунок параметрів контуру заземлення для захисту від ураження електричним струмом. Проведений розрахунок кількості необхідного персоналу для ремонтних робіт, технічного обслуговування та оглядів електроустаткування підприємства..

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ	8
1.1 Короткий опис технологічного процесу.....	8
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	10
1.3 Визначення категорій електричних навантажень.....	12
1.4 Техніко економічне обґрунтування проектування	12
2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	14
2.1 Розробка системи внутрішньо-цехового електропостачання.....	14
2.1.1 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі	14
2.1.2 Вибір та розрахунок системи електропостачання цехів.....	17
2.1.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників	18
2.2 Розробка системи внутрішньо-заводського електропостачання підприємства.....	21
2.2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	21
2.2.2 Вибір схеми, числа, потужності та місця розташування цехових ТП	23
2.2.3 Визначення центру електричних навантажень та побудова картограми навантажень	28
2.2.4 Синтез системи електропостачання	32
2.2.5 Розрахунок розподільчої мережі підприємства.....	33
2.3 Розробка зовнішнього електропостачання	35
2.4 Розрахунок рівнів напруг та вибір відгалужень трансформаторів	37
2.5 Розрахунок струмів короткого замикання.....	39
2.6 Вибір обладнання ТП та розподільчих мереж	48
2.7 Вибір РЗ та розрахунок уставок захисту	55
3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ	62
3.1 Нормування електроспоживання.....	62

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Лоцман С.І.</i>			<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>		<i>Петровський М.В.</i>			4	4	104
<i>Консульт.</i>					СумДУ, ЕТ.мдн-11гЛ		
<i>Н.контроль</i>		<i>Никифоров М.А.</i>					
<i>Завтвер.</i>		<i>Лебединський І.Л.</i>					
					<i>Проектування системи електропостачання підприємства по виготовленню бітумної продукції. Пояснювальна записка</i>		

3.2	Методи та засоби енергозбереження	63
3.3	Компенсація реактивної потужності.....	64
4	РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ.....	68
5	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	72
5.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об`єкту	73
5.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	77
5.3	Склад повітря робочої зони.....	78
5.4	Виробниче освітлення	79
5.5	Виробничий шум.....	80
5.6	Вібрація	82
5.7	Пожежна безпека.....	84
5.8	Розрахунок заземлюючого контуру цеху	87
6	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	94
6.1	Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу	94
	ВИСНОВКИ.....	97
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	98
	Додаток А План підприємства зі схемою електропостачання	100
	Додаток Б Однолінійна схема електропостачання	101
	Додаток В План цеху зі схемою електропостачання.....	102
	Додаток Г План цеху зі схемою освітлювальної мережі	103
	Додаток Д Розрахунково-монтажна таблиця	104

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Електрична енергія застосовується буквально у всіх галузях народного господарства, особливо для різних електротехнологічних установок. Споживачі електроенергії мають свої специфічні особливості, чим і обумовлені визначені вимоги до їхнього електропостачання – надійність живлення, якість електроенергії, резервування і захист окремих елементів і ін. При проектуванні, спорудженні та експлуатації систем електропостачання промислових підприємств необхідно правильно в техніко-економічному аспекті здійснювати вибір напруги, визначати електричні навантаження, число і потужність трансформаторних підстанцій і інших елементів.

Важливі задачі, що постають перед енергетиками і будівниками енергетичних господарств, складаються: в безупинному збільшенні обсягів виробництва, в скороченні термінів будівництва нових енергетичних об'єктів і реконструкції застарілих, зменшенні окремих капітальних вкладень, у скороченні витрат палива, підвищенні продуктивності праці, поліпшенні структури виробництва електроенергії, введення сучасного програмного забезпечення САПР та впровадження сучасних комп'ютерних технологій.

Енергетика, як галузь виробництва, охоплює сукупність процесів перетворення паливно-енергетичних ресурсів з метою виробництва електричної і теплової енергії, передачі і споживання цих видів енергії у всіх галузях народного господарства, енергетика володіє поруч специфічних особливостей, що відрізняють її від інших галузей виробництва. Однієї з найбільш характерних особливостей є збіг у часі процесу виробництва і споживання енергії.

Важливим етапом у розвитку творчої діяльності майбутніх фахівців є дипломне проектування, у ході якого розвиваються навички самостійного вирішення інженерних задач та знаходження проектних рішень і практичне застосування набутих теоретичних знань у Сумському державному університеті.

Впровадження енергоефективних технологій на підприємствах України диктує необхідність удосконалювання промислової електроніки, створення сучасних надійних систем електропостачання промислових підприємств,

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення, автоматизованих систем керування електроустаткуванням і технологічним процесом. Тому в магістерській роботі приділена значна увага питанням надійності, забезпечення якості електроенергії, швидкодії та селективності релейного захисту й автоматики. Зроблено вибір, компоновання й розміщення підстанцій, відповідно до ПУЕ.

Основні завдання, що вирішуються при проектуванні системи електропостачання, полягають в оптимізації параметрів цих систем шляхом правильного вибору напруг, визначенні електричних навантажень, високих вимог до безперебійності електропостачання, раціонального вибору числа й потужності трансформаторів, конструкцій промислових мереж, засобів регулювання напруги. У роботі зроблений розрахунок струмів короткого замикання й вибір комутаційної апаратури, питання щодо релейного захисту, які висвітлені у відповідних розділах.

					<i>MP 5.8.141.212 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА ЗАДАЧІ ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Короткий опис технологічного процесу

Основні етапи технологічного процесу:

1. Вигрузка бітуму з залізничних цистерн і бункерів.
2. Обезвоження в'язкого бітуму в бітумних котлах.
3. Видача готової продукції.

Опис технологічного процесу:

1. Бітум по залізничній дорозі в цистернах і бункерах поступав на бітумну базу, де його зливають в сховище. Температура зливання для в'язких, в'язучих 80-90°C. Якщо температура повітря не нижче +10 - +15°C, то підігріву не потрібно, а якщо нижче, то в'язучий матеріал підігрівають до температури +50; +70°C.

2. Нагрітий бітум в бітумосховищі бітумозабірником до $T=50-80^{\circ}\text{C}$ перекачують в бітумні котли де проходить його обезвоження при температурі +120-+150°C. При повному обезвоженні коли температура в котлі не падає нижче 120°C температуру бітума доводять до +150-+160°C.

Після відбирання проби і визначення марки бітуму, бітум готовий на видачу і заправку автогудронаторів і бітумовозів.

3. Готовий обезвожений бітум бітумними насосами подають в автогудронатори, бітумовози. Після заправки бітумом бітумовоза залишки бітума, що залишилися в трубопроводах відкачують в бітумний котел.

Вимоги до бітуму

Бітуми нафтові дорожні в залежності від значення в'язкості поділяють на марки: БНД 200/300, БНД 130/200, БНД 90/130, ШД 60/90. Марка бітума визначається методом проникнення голки на пенетрометрі.

Бітум, використаний для приготування гарячих асфальтобетонних сумішів, повинен відповідати технічним показникам ГОСТ 9128-84.

Методи випробування бітумів, використаних для приготування асфальтобетонних сумішів повинні відповідати: ТУ УО0149943.427-96, ГОСТ 22245-90, ГОСТ 11501-78, ГОСТ 11503-74, ГОСТ 11505-75, ГОСТ 11506-73.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

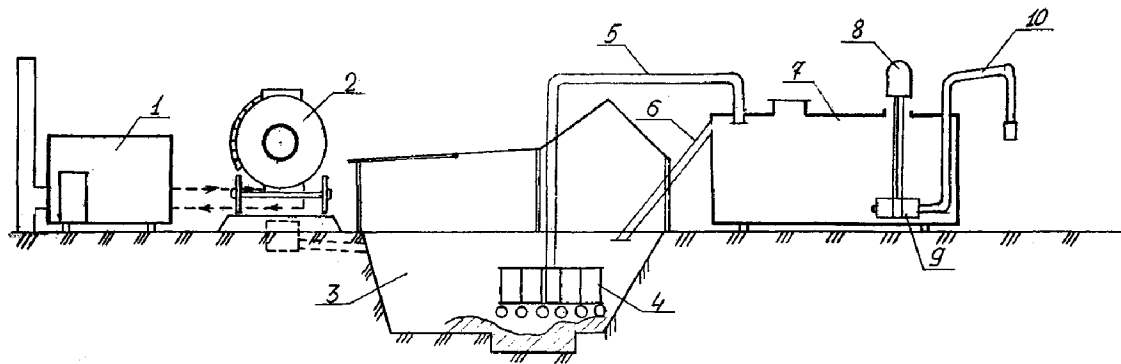


Рисунок 1.1 – Технологічна схема приготування бітуму:

1 – котел; 2 – вагон-цистерна; 3 – бітумосховище; 4 – бітумозабірник;
 5 – бітумопровод; 6 – труба скидання в'язучого при переливі; 7 – бітумний котел;
 8 – двигун; 9 – бітумний насос; 10 – трубопровід для видачі готової продукції

Сировина для виробництва нафтових в'язких дорожніх бітумів повинна відповідати вимогам і нормам, приведеним в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вимоги до бітумів

Найменування показника	Норми по маркам				Методика випробувань
	БНД 200/300	БНД 130/200	БНД 90/130	БНД 60/90	
1. Глибина проникання голки: а) при 25°C б) при 0°C, не менше	201-300 45	131-200 35	91-130 28	61-90 20	За ГОСТ 11501-73
2. Температура розм'якнення по кільцю і кульці, °C не нижче	35	39	43	47	За ГОСТ 11506-73
3. Розтягування, см не нижче а/ при 25°C б/ при 0°C	-	65	60	50	За ГОСТ 11505-75
4. Температура спалаху, °C не нижче	200	220	220	220	За ГОСТ 4333 або 92
5. Зчеплення з мармуром або піском	витримує по контрольному зразок №2				По ГОСТ 11508-74
6. Масова частка води на місці виробництва, % масових, не більше	0,5	0,5	0,5	0,5	За ГОСТ 2477 або 95

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

На бітумній базі основна частина електроприймачів – тени для підігріву бітуму, асинхронні двигуни насосів а також електроосвітлення на напругу 220 В.

Значення електричних навантажень цехів заводу наведені в таблиці 1.2.

Відомості про електричні навантаження цеху підігріву бітуму наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження заводу

№ на генплані	Назва цехів	P_n кВт
1	Бітумно-емульсійна станція	55.5
2	Витратний склад бітуму	600
4	Маслозабірний колодязь	55
8	Насосна станція	7,5
9	Будівля гаража з складським приміщенням	20
10	Адміністративна будівля	10
11	Складські приміщення	5
12	Насосна станція з водозабірною свердловиною	25
14	Цех підігріву бітуму	440
15	Бітумне сховище	320
16	Майстерня	52.5
17	Котельня	75
Всього по заводу:		1557,5

Таблиця 1.3 – Відомості про електричні навантаження цеху підігріву бітуму

№ на плані	Назва обладнання	P_n , кВт
1	Двигун насоса котла №1	10
2	Двигун насоса котла №2	10
3	Двигун насоса котла №3	10
4	Двигун насоса котла №4	10
5	Тени котла №1	100
6	Тени котла №2	100
7	Тени котла №3	100
8	Тени котла №4	100

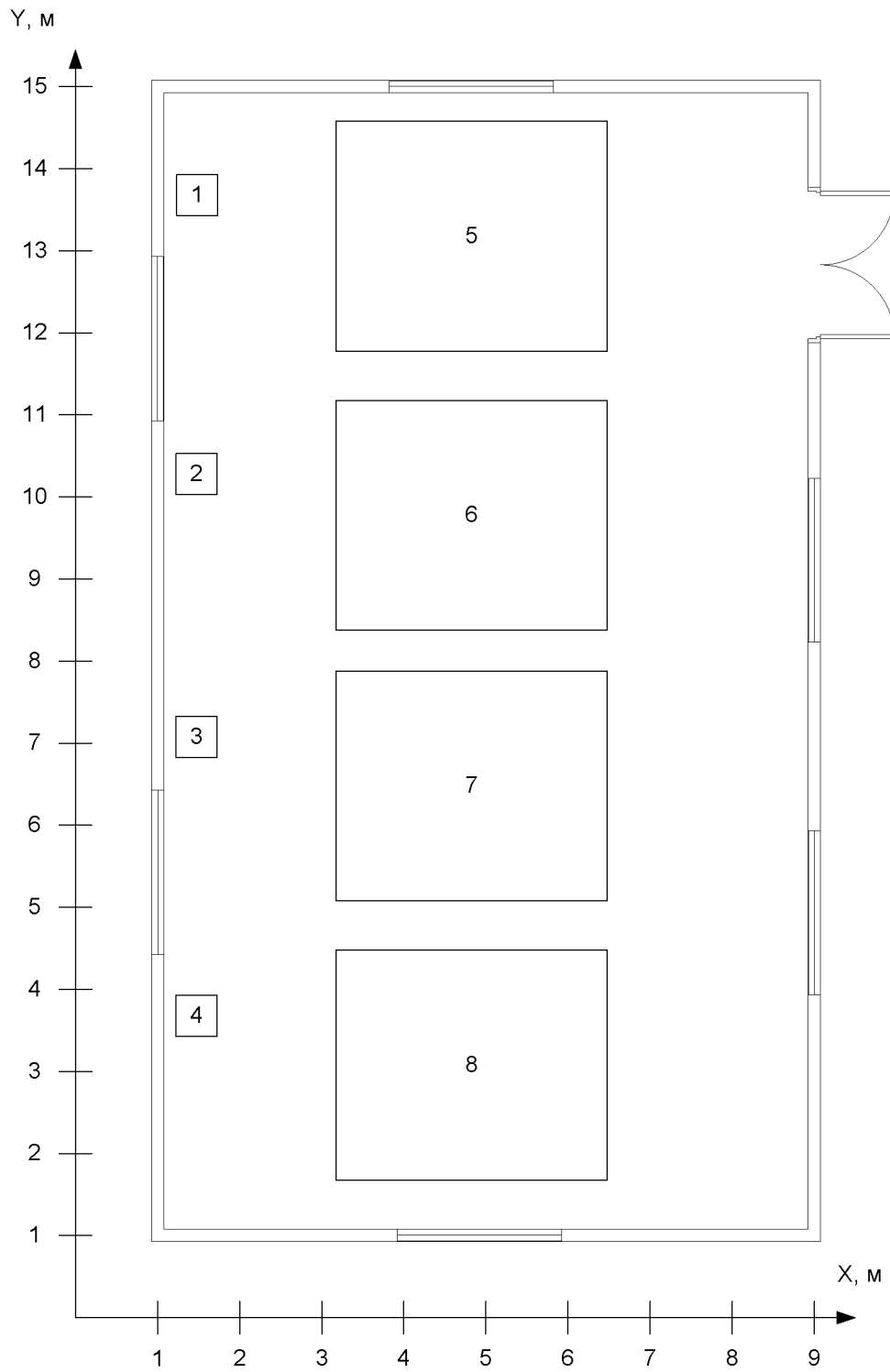


Рисунок 1.2 – Генплан цеху підігріву бітуму

					МР 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1.3 Визначення категорій електричних навантажень

Категорії навантажень регламентує ПУЕ [1].

У відношенні забезпечення надійності електропостачання електроприймачі поділяють на три категорії:

Електроприймачі I категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких може призвести до небезпеки життя людей, до значного збитку народному господарству, виходу із ладу дорогого основного обладнання, до масового браку продукції, розладу складного технологічного процесу, порушення функції важливих елементів комунального господарства.

Електроприймачі II категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масовим простоям робітників, механізмів і промислового транспорту.

Електроприймачі III категорії – всі інші електроприймачі, які не підходять по визначенню до I і II категорії.

За ступенем надійності електропостачання основна частина електроприймачів бітумної бази є споживачами II категорії, а насоси пожежоводопостачання та тені для підігріву бітуму – I категорії.

Електроприймачі II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаємно резервуючих джерел живлення. Для приймачів цієї категорії при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі перерви електропостачання на час необхідний для включення резервного живлення діями чергового персоналу або виїздної оперативної бригади.

1.4 Техніко економічне обґрунтування проектування

В зв'язку з розвитком та збільшенням виробництва бітуму на бітумній базі, появою нового потужного обладнання виникає необхідність проектування системи електропостачання, яка б задовольняла вимогам економічності та надійності.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проектні рішення повинні бути допустимо-доступними. Тобто такими, які можливо впровадити та які задовольняють всім необхідним умовам (обмеженням).

Обмеження накладаються на так звані керовані змінні проектної задачі. Керовані змінні це ті змінні, значення яких вибирає проєктант. Параметри проектної задачі, які задані проєктанту та не можуть бути ним змінені відносять до вихідних даних.

Всі доступні для впровадження та допустимі значення керованих змінних створюють множину допустимо-доступних рішень X . Проектні рішення можуть вибиратись тільки із цієї множини.

Проектне рішення повинно бути оптимальним на множині допустимо-доступних рішень.

Оптимальне проектне рішення по означенню належить множині допустимо-доступних рішень.

Оптимальне проектне рішення залежить від прийнятого критерію оптимальності, який в свою чергу тісно пов'язаний з поняттям показника ефективності рішення (ПЕР). Показник ефективності характеризує доцільність проектного рішення і є відображення h з множини допустимо-доступних рішень X на множину дійсних чисел R : $h: X \rightarrow R$. Проектне рішення може мати багато показників ефективності.

					MP 5.8.141.212 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розробка системи внутрішньо-цехового електропостачання

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Розрахункові навантаження окремих електроприймачів (ЕП) або ліній, від яких живляться два чи три ЕП (I рівень), приймаються рівними номінальним

$$\begin{aligned} P_M &= P_H, \\ Q_M &= P_M \operatorname{tg}\varphi_H, \end{aligned}$$

де P_H – номінальна активна потужність ЕП;

$\operatorname{tg}\varphi_H$ – номінальний коефіцієнт реактивної потужності.

Номінальні величини визначають за паспортними даними ЕП. При відсутності паспортних даних приймають $\operatorname{tg}\varphi_H = 0,75$ – для ЕП тривалого режиму роботи і $\operatorname{tg}\varphi_H = 0,87$ – для ЕП повторно-короткочасного режиму роботи.

На II рівні електропостачання використовують метод упорядкованих діаграм.

Розрахункові навантаження визначають за формулами [16]:

$$P_M = K_M P_{CM}, \quad Q_M = \begin{cases} 1,1 Q_{CM} & \text{при } n_e \leq 10, \\ Q_{CM} & \text{при } n_e > 10; \end{cases} \quad (2.1)$$

де K_M – коефіцієнт максимуму активної потужності;

n_e – ефективне число ЕП.

Середні навантаження за найбільш завантажену зміну [16]:

$$P_{CM} = \sum_{i=1}^n k_{vi} P_{ni}, \quad Q_{CM} = \sum_{i=1}^n k_{vi} P_{ni} \operatorname{tg}\varphi_{ci}, \quad (2.2)$$

де $\operatorname{tg}\varphi_{ci}$ – усереднені значення $\operatorname{tg}\varphi$ для даного типу ЕП [1, 2].

k_{vi} – індивідуальний коефіцієнт використання, характерний для даного ЕП;

n – число ЕП.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення K_M визначають за таблицями або графіками $K_M(n_e, K_B)$. Груповий коефіцієнт використання

$$K_B = \frac{P_{CM}}{P_H} = \frac{\sum_{i=1}^n k_{vi} p_{Hi}}{\sum_{i=1}^n p_{Hi}}, \quad (2.3)$$

де P_H – номінальна потужність всіх ЕП.

Точний вираз для визначення ефективного числа ЕП:

$$n_e = \frac{\left(\sum_{i=1}^n p_{Hi}\right)^2}{\sum_{i=1}^n p_{Hi}^2} = \frac{p_H^2}{\sum_{i=1}^n p_{Hi}^2}. \quad (2.4)$$

Таблиці і графіки $K_M(n_e, K_B)$ розпочинаються від $n_e=4$. Якщо в результаті розрахунків отримано $n_e < 4$, то розрахункові навантаження [16]

$$P_M = K_3 P_H, \quad (2.5)$$

$$Q_M = P_M \operatorname{tg} \varphi_c, \quad (2.6)$$

де K_3 – груповий коефіцієнт завантаження.

Якщо дані для K_3 і $\operatorname{tg} \varphi_c$ відсутні, то допускається приймати $K_3 = 0,9$, $\operatorname{tg} \varphi_c = 0,75$ – для ЕП тривалого режиму і $K_3 = 0,75$, $\operatorname{tg} \varphi_c = 1$ – для ЕП повторно-короткочасного режиму.

Отже, визначимо, як приклад середню активну і реактивну потужність двигунів:

$$P_{CM} = k_B P_H = 0,65 \cdot 40 = 26 \text{ кВт},$$

$$Q_{CM} = P_{CM} \operatorname{tg} \varphi_c = 26 \cdot 0,88 = 22,93 \text{ квар.}$$

Результати записуємо в графі 8 і 9.

Визначимо k_B для групи електроприймачів [16]:

$$K_{B \text{ гр.}} = \frac{\sum P_{CM}}{P_{H\Sigma}} = \frac{17,51}{103} = 0,17 \quad (2.7)$$

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходимо коефіцієнт максимуму активної потужності по кривим:

$$K_M = f(k_B; n_{\text{еф}})$$

де $n_{\text{еф}}$ – ефективне число електроприймачів

$$n_{\text{еф}} = \frac{(440)^2}{40400} = 4.79.$$

Із графіка рис.2.11 [1]: $K_M = 1,86$.

Визначимо розрахункову активну потужність, тобто максимальне середнє навантаження за інтервал усереднення 30 хв.

$$P_M = K_M P_{CM} = 1 \cdot 406 = 406 \text{ кВт}, \quad (2.8)$$

Визначимо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_M = 1,1 \times 22,93 = 25,22 \text{ (кВар)}.$$

Визначимо повну розрахункову потужність:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{32,56^2 + 14,44^2} = 35,6 \text{ кВ} \times \text{А}. \quad (2.9)$$

Данні розрахунків знаходяться у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Найменування ЕП	Вихідні дані						Розрахункові дані					Розрахункова потужність				
	Кількість ЕП, шт	Номінальна потужність, кВт		За довідниковими даними			Кв*Pн	Кв*Pн*tgφ	п*Pн²	Ефективне число ЕП, пє	Коефіцієнт розрахункового навантаження, Кр	Активна Pр=Pм, кВт	Реактивна Qр=Qм, кВАр	Повна потужність Sp=Sм, кВА	Розрахунковий струм Iр, А	Розрахунковий струм окремого споживача Iр, А
		Одного ЕП, Pн	Загальна Pн	Коефіцієнт використання, Кв	cosφ	tgφ										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
РП 1																
Гр А																
Насос (1-4)	4	10	40	0,65	0,75	0,8819	26	22,93	400						60,77	15,19
Котли (5-8)	4	100	400	0,95	1	0	380	0	40000						607,74	151,93
Всього по групі	8		440	0,92			406	22,93	40400	4,79	1	406	25,223	406,78	618,04	

2.1.2 Вибір та розрахунок системи електропостачання цехів

В залежності від схеми цехові мережі поділяють на радіальні, магістральні і змішані. Радіальними називають мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія. Особливість радіальних схем: забезпечують високу надійність електропостачання. Однак вони вимагають великих витрат на електрообладнання і монтаж. Магістральними називають мережі, в яких для передачі електроенергії до декількох споживачів використовується одна лінія електропередачі. Надійність таких мереж нижча, у порівнянні з радіальними, але і витрати на обладнання та монтаж також менші.

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання вибираємо радіальну схему цехової мережі (рис. 2.1). Передбачається використання цехових розподільчих пунктів; кабелі від центрального розподільчого пункту до окремих РП прокладені в лотках, які закріплені або на стінах, або на спеціальних колонах. Приєднання ЕП до відповідних РП здійснюється кабелями, що прокладені вищевказаним методом.

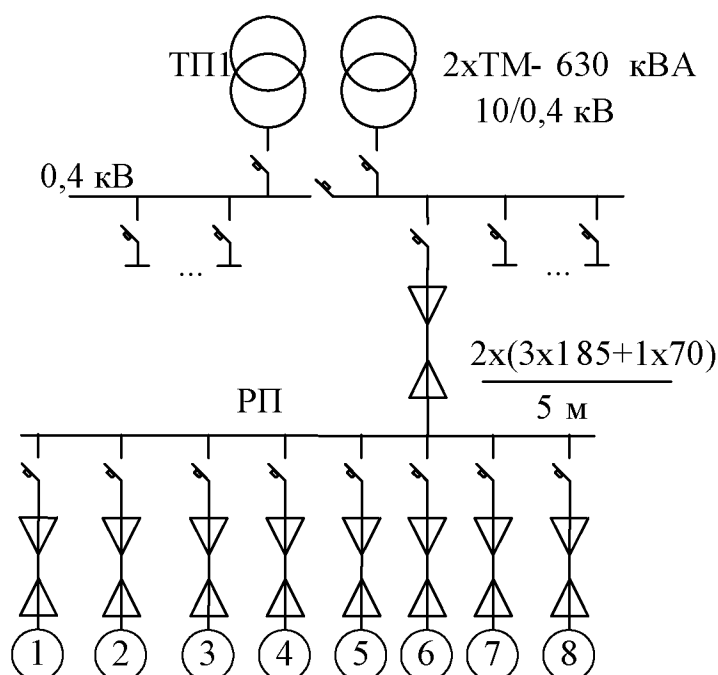


Рисунок 2.1 – Схема електропостачання цеху підігріву бітуму

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників

Живлення РП буде відбуватися двома кабелями.

Лінія ЦТП-РП:

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_M = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{406,8}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 2} = 317,5 \quad (2.10)$$

Найбільший пусковий струм:

$$I_{II, \max} = 5I_{H, \max}, \quad (2.11)$$

$$I_{II, \max} = 5 \cdot 14,43 = 72,15 \text{ A.}$$

де $I_{H, \max}$ – номінальний струм ЕП, пусковий струм якого найбільший

$$I_{H, \max} = \frac{P_{H, \max}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,75} = 14,43 \quad (2.12)$$

Піковий струм лінії ЦТП-РП:

$$I_{II} \approx I_M + I_{II, \max} \quad (2.13)$$

$$I_{II} = \frac{635,09 + 72,15}{2} = 353,62 \text{ A.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач ВА 55-37 з номінальним струмом $I_{\text{ном.в}} = 400 \text{ A}$ і номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{н.розч}} = 400 \text{ A}$.

$$I_{\text{н.розч}} > k_{\text{відс}} \cdot I_M \quad (2.14)$$

$$400 \text{ A} > 1,1 \cdot 317,5 = 349,25 \text{ A.}$$

Струм спрацювання відсічки:

$$I_{\text{с.в}} > k_H \cdot I_{II} \quad (2.15)$$

$$800 \text{ A} > 1,5 \cdot 353,62 = 530,43 \text{ A.}$$

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо найменший час спрацювання відсічки $t_{с.в} = 0,1$ с. Для ВА55-37 струм спрацювання миттєвого розчеплювача 32,5 кА.

Вибираємо кабель типу ААБ 4×185 $I_{доп} = 345$ А.

Умова захищеності лінії від перевантажень:

$$I_{доп} \geq 0,8I_{с.п}$$
$$345 \geq 0,8 \cdot 400 = 320$$

Перевіримо вибрані перерізи за допустимими втратами напруги:

$$\Delta U_1 = I \frac{P_M \cdot R_{нит} + Q_M \cdot X_{нит}}{U_{ном}} \quad (2.16)$$
$$\Delta U_1 = 5 \cdot \frac{406 \cdot 0,208 + 25,223 \cdot 0,063}{380} = 1,58 \text{ В.}$$

Розрахована величина втрати напруги не перевищує допустиму $\Delta U_{доп} = 5\%$ (19В).

Всі кабелі в цеху прокладаються в лотках, які кріпляться або на стінах, або на спеціальних колонах.

Виробничі приміщення цеху підігріву бітуму віднесені до вибухонебезпечних приміщень класу В-IIа. Згідно з цим силове електрообладнання, кабельні лінії та спосіб їх прокладки виконані у відповідності з вимогами ПУЕ та “Інструкції по монтажу електрообладнання вибухонебезпечних установок” МСН-84-65 для приміщень вказаного класу.

Всі інші захисні апарати та провідники вибираємо аналогічно, а результати заносимо в табл. 2.2

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

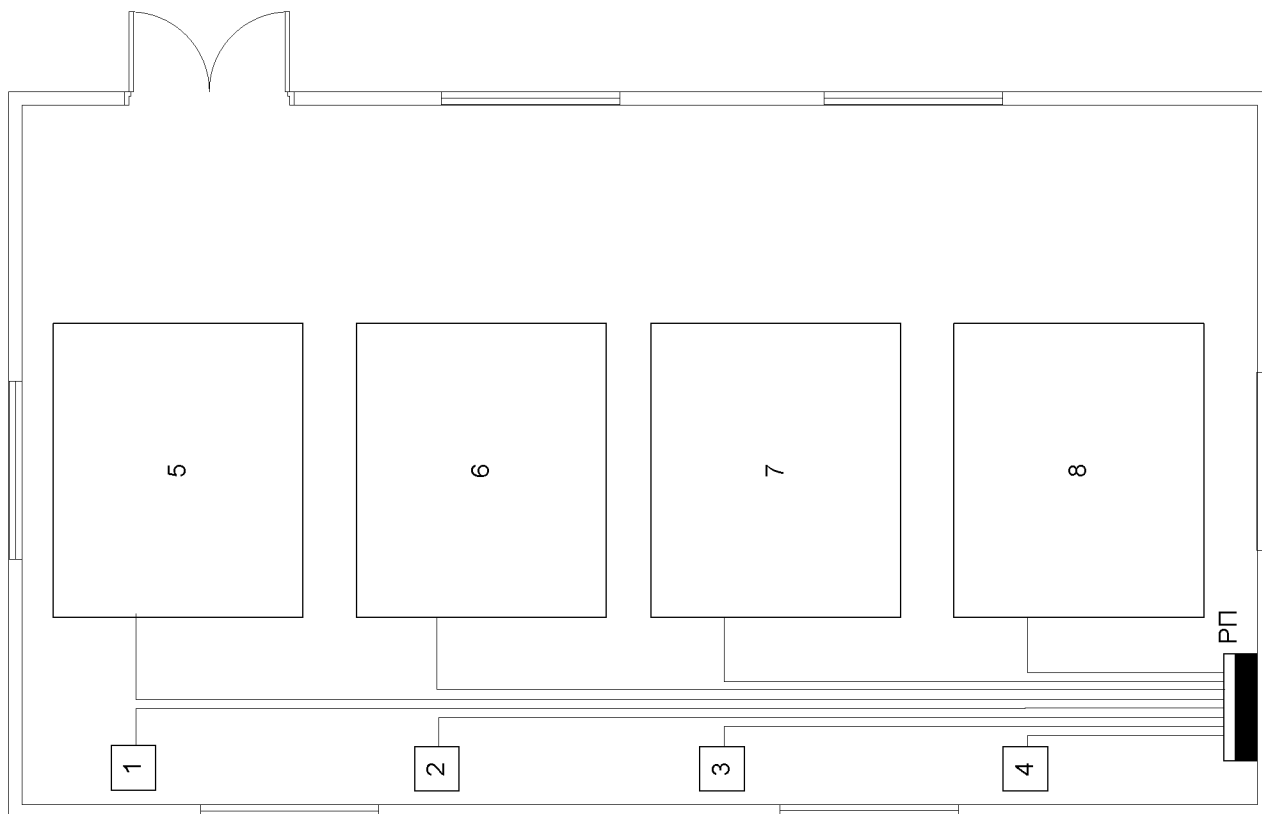


Рисунок 2.2 – Схема електричної мережі цеху підігріву бітуму

Таблиця 2.2 – Результати вибору провідників та комутаційно-захисної апаратури

Лінія	I_m, A	I_p, A	Тип захисного апарата	$I_{н.вим}, A$	$I_{н.розч}, A$	$I_{с.в}, A$	$I_{н.відк}, kA$	Тип провідника	S, mm^2	$I_{доп}, A$	l, m
ТП1-РП	317,5	353,62	ВА 55-37	400	400	800	32,5	ААБ	3·185+1·70	345	5
РП1-ЕП1	14,43	72,15	ВА 51Г-31	100	80	1120	6	АВВГ	4·35	85	12,6
РП1-ЕП2	14,43	72,15	ВА 51Г-31	100	80	1120	6	АВВГ	4·35	85	9,1
РП1-ЕП3	14,43	72,15	ВА 51Г-31	100	80	1120	6	АВВГ	4·35	85	5,8
РП1-ЕП4	14,43	72,15	ВА 51Г-31	100	80	1120	6	АВВГ	4·35	85	2,32
РП1-ЕП5	144,34	144,34	ВА 51-33	160	160	1600	6	АВВГ	4·95	170	13,1
РП1-ЕП6	144,34	144,34	ВА 51-33	160	160	1600	6	АВВГ	4·95	170	9,7
РП1-ЕП7	144,34	144,34	ВА 51-33	160	160	1600	6	АВВГ	4·95	170	6,4
РП1-ЕП8	144,34	144,34	ВА 51-33	160	160	1600	6	АВВГ	4·95	170	2,8

2.2 Розробка системи внутрішньо-заводського електропостачання підприємства

2.2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Розрахунок починаємо з визначення необхідних даних за таблицями та уточнення $P_{ном}$ цехів.

Номінальна потужність – корисна потужність ЕП.

Змінна потужність (середня) – розраховується методом коефіцієнта використання і враховує кількість потужності, затраченої в період найбільш завантаженої зміни.

Максимальна (розрахункова) потужність розраховується за методом коефіцієнта попиту, це найбільш незмінна потужність, яка нагріває провідник так само, як і очікувана змінна потужність.

Математична модель задачі:

Вихідними даними для розрахунків є :

i – кількість цехів , шт;

$P_{уі}$ – усталена потужність i -го цеху ;

$\cos\phi$ – коефіцієнт потужності i -го цеху ;

$K_{сі}$ – коефіцієнт попиту i -го цеху ;

$K_{ві}$ – коефіцієнт використання i -го цеху ;

$K_{осі}$ – коефіцієнт попиту по освітленню i -го цеху ;

A_i – довжина i -го цеху, м;

B_i – ширина i -го цеху, м;

$P_{пит}$ – питома потужність норми освітлення i -го цеху, кВт/м²;

$K_{с.о.}$ – коефіцієнт попиту освітлення i -го цеху.

Розрахункові формули:

Площа i -го цеху, м²:

$$S_i = A_i \cdot B_i. \quad (2.17)$$

Середнє активне навантаження за найбільш завантаженою зміну, кВт:

$$P_{сі} = K_{ві} \cdot P_{уі} \quad (2.18)$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середнє значення реактивного навантаження, квар:

$$Q_{ci} = P_{yi} \cdot \operatorname{tg}(\varphi); \quad (2.19)$$

Розрахункова потужність, яка необхідна для освітлення цеху, кВт :

$$P_{opi} = P_{yi} \cdot K_{oci} \cdot S_i; \quad (2.20)$$

Повне середнє навантаження цеху, кВА :

$$S_{ci} = \sqrt{P_{ссум}^2 + Q_{ci}^2}; \quad (2.21)$$

Розрахункову активну силову потужність для кожного із цехів визнаємо методом коефіцієнта попиту, кВт:

$$P_{pi} = P_{yi} \cdot K_{ci}; \quad (2.22)$$

Розрахункова реактивна потужність, квар:

$$Q_{pi} = P_{pi} \cdot \operatorname{tg}(\arccos(\varphi)); \quad (2.23)$$

Загальне розрахункове навантаження цеху, кВт:

$$P_{сумpi} = P_{pi} + P_{opi}; \quad (2.24)$$

Повне розрахункове навантаження цеху, кВА :

$$S_{pi} = \sqrt{P_{pi}^2 + Q_{pi}^2}; \quad (2.25)$$

Розрахункове навантаження заводу, кВА :

$$S_p = K_n \sqrt{(\sum P_{pi})^2 + (\sum Q_{pi})^2}; \quad (2.26)$$

де K_n – коефіцієнт неспівпадання мах навантаження.

За складеною математичною моделлю з допомогою Excel складемо табличну форму, вводимо в неї необхідні дані для розрахунків і розрахункові формули.

Далі ведемо розрахунок в Excel (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Електричні навантаження підприємства

N	Найменування цехів	Дані сили					Світло				Середнє навантаження				Розрахунк. навантаження			
		Rn кВт	cos	Ig	Kл	Kв	Площ. м²	Kпо	Rплт. Вт/м²	Pро кВт	Rсм кВт	Qсм квар	Sсм кВА	Iсм А	Pр кВт	Qр квар	Sр кВА	Iр А
1	Бітумно-емульсійна станція	55,5	0,75	0,882	0,7	0,65	69	0,7	0,012	0,70	36,77	32,43	49,03	2,83	39,55	34,88	52,73	3,04
2	Витратний склад бітуму	600	0,95	0,329	0,8	0,65	364	0,6	0,011	2,88	392,88	129,13	413,56	23,88	482,88	158,72	508,30	29,35
4	Маслозабірний колодязь	7,5	0,75	0,882	0,6	0,55	2	0,2	0,011	0,01	4,13	3,64	5,51	0,32	4,51	3,97	6,01	0,35
8	Насосна станція	55	0,75	0,882	0,7	0,6	36	0,5	0,011	0,24	33,24	29,31	44,32	2,56	38,74	34,16	51,65	2,98
9	Будівля гаража з складським приміщенням	20	0,65	1,169	0,5	0,3	294	0,6	0,014	2,96	8,96	10,46	13,79	0,80	12,96	15,16	19,94	1,15
10	Адміністративна будівля	10	0,9	0,484	0,3	0,2	166	0,9	0,017	3,05	5,05	2,44	5,61	0,32	6,05	2,93	6,72	0,39
11	Складське приміщення	5	0,50	1,732051	0,40	0,25	67	0,7	0,015	0,84	2,09	3,63	4,19	0,24	2,84	4,93	5,69	0,33
12	Насосна станція з водозабірною свердловиною	25	0,75	0,882	0,7	0,6	40	0,6	0,012	0,35	15,35	13,53	20,46	1,18	17,85	15,74	23,79	1,37
14	Котли для підігріву бітуму	440	0,85	0,620	0,9	0,8	108	0,6	0,011	0,86	352,86	218,68	415,12	23,97	396,86	245,95	466,89	26,96
15	Бітумне сховище	320	0,85	0,620	0,85	0,8	759	0,5	0,011	5,01	261,01	161,76	307,07	17,73	277,01	171,68	325,89	18,82
16	Майстерня	52,5	0,7	1,020	0,4	0,2	140	0,7	0,013	1,53	12,03	12,27	17,18	0,99	22,53	22,98	32,18	1,86
17	Котельня	75	0,8	0,750	0,7	0,6	26	0,6	0,011	0,21	45,21	33,90	56,51	3,26	52,71	39,53	65,88	3,80
	Сумарне навантаження						2071				1169,57	651,22	1338,65	77,29	1219,02	675,55	1393,70	80,47

2.2.2 Вибір схеми, числа, потужності та місця розташування цехових ТП

Кількість трансформаторів ЦТП повинна відповідати категорії надійності споживача за ПУЕ. Вибрані потужності трансформаторів повинні бути допустимими в нормальному та післяаварійному режимі роботи виходячи з умови, що при виході з ладу одного трансформатора двотрансформаторної ЦТП – інший повинен витримувати розрахункове навантаження споживачів першої та другої категорії цеху. Показником ефективності вибору потужності трансформаторів ЦТП повинні бути приведені витрати.

Слід мати на увазі, що при цьому цілком можливий вибір однієї ТП, яка буде жити одразу кілька цехів, якщо потужність цехів невелика та вони розташовані близько один від одного.

Згідно заданого генплану сумарна площа цехів складає $F \approx 2071 \text{ м}^2$.

Сумарне розрахункове навантаження заводу S_p сум розраховане з допомогою електронної табл. 2.2 і становить $S_p \text{ сум} = 1330.34 \text{ кВА}$.

Тому середня густина розрахункового навантаження по заводу складе:

$$\rho = S_p \text{ сум} / F = 2071 / 1330.34 \approx 0.64 \text{ кВА/м}^2.$$

Такий густині розрахункового навантаження відповідає основна стандартна потужність трансформаторів 400 та 630 кВА. Намітимо варіант ЦТП орієнтуючись на потужності трансформаторів близькі до одержаної потужності та виходячи з вимоги про недопустимість використання більш ніж трьох стандартних потужностей трансформаторів. Намічений варіант кількості ЦТП та

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

MP 5.8.14.1.212 ПЗ

кількості трансформаторів на кожній із них показує табл. 2.4. В таблиці наведені результати вибору потужності трансформаторів для ЦТП.

Таблиця 2.4 – Вибір кількості та групування навантажень трансформаторів

№ТП	№ на генплані	Назва цеху	Середні навантаження			розрахункове навантаження			Кількість трансформаторів
			Р _{см}	Q _{см}	S _{см}	P _p	Q _p	S _p	
1	17	Котельня	45.21	33.90	56.51	52.71	39.53	65.88	2
	16	Майстерня	12.03	12.27	17.18	22.53	22.98	32.18	
	14	Котли для підгріву бітуму	352.86	218.68	415.12	396.86	245.95	466.89	
	15	Бітумне сховище	261.01	161.76	307.07	277.01	171.68	325.89	
Всього			671.10	426.62	795.22	749.10	480.14	889.77	
2	2	Витратний склад бітуму	392.88	129.13	413.56	482.88	158.72	508.30	2
	4	Маслозабірний колодязь	4.13	3.64	5.51	4.51	3.97	6.01	
	8	Насосна станція	33.24	29.31	44.32	38.74	34.16	51.65	
	9	Будівля гаража з складським приміщенням	8.96	10.48	13.79	12.96	15.16	19.94	
	10	Адміністративна будівля	5.05	2.44	5.61	6.05	2.93	6.72	
	11	Складські приміщення	2.09	3.63	4.19	2.84	4.93	5.69	
	12	Насосна станція з водозабірною свердловиною	15.35	13.53	20.46	17.85	15.74	23.79	
Всього			498.47	224.60	546.74	605.37	270.48	663.05	

Приймаємо наступне розташування ТП на генплані підприємства рис. 2.3.

Розмістивши ТП на генплані підприємства проведемо вибір трансформаторів.

Вибір проводимо по змінним навантаженням

Вибираємо трансформатори виходячи з умов:

1) змінне навантаження ТП повинно бути менше навантаження трансформатора:

$$S_{CM} \leq S_{НОМ.ТР} \quad (2.27)$$

2) в згідності з ПУЕ потужність після-аварійного режиму повинна бути менше, ніж 1.4 від потужності трансформатора:

$$S_{ПА} \leq 1.4 S_{НОМ.ТР} \quad (2.28)$$

де $S_{ПА}$ – потужність в після аварійному режимі рівна 80% від розрахункової потужності по ТП (дані р заводу).

3) по коефіцієнту завантаження трансформатора в нормальному та аварійному режимі в згідності з ПУЕ:

$$K_3^{НФ} = S_{Pi} / (N \cdot S_{НОМ.ТР}) \leq 0.8 \quad (2.29)$$

де S_{Pi} – повна розрахункова потужність по ТП, кВА;

$S_{НОМ.ТР}$ - потужність трансформатора, кВА.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

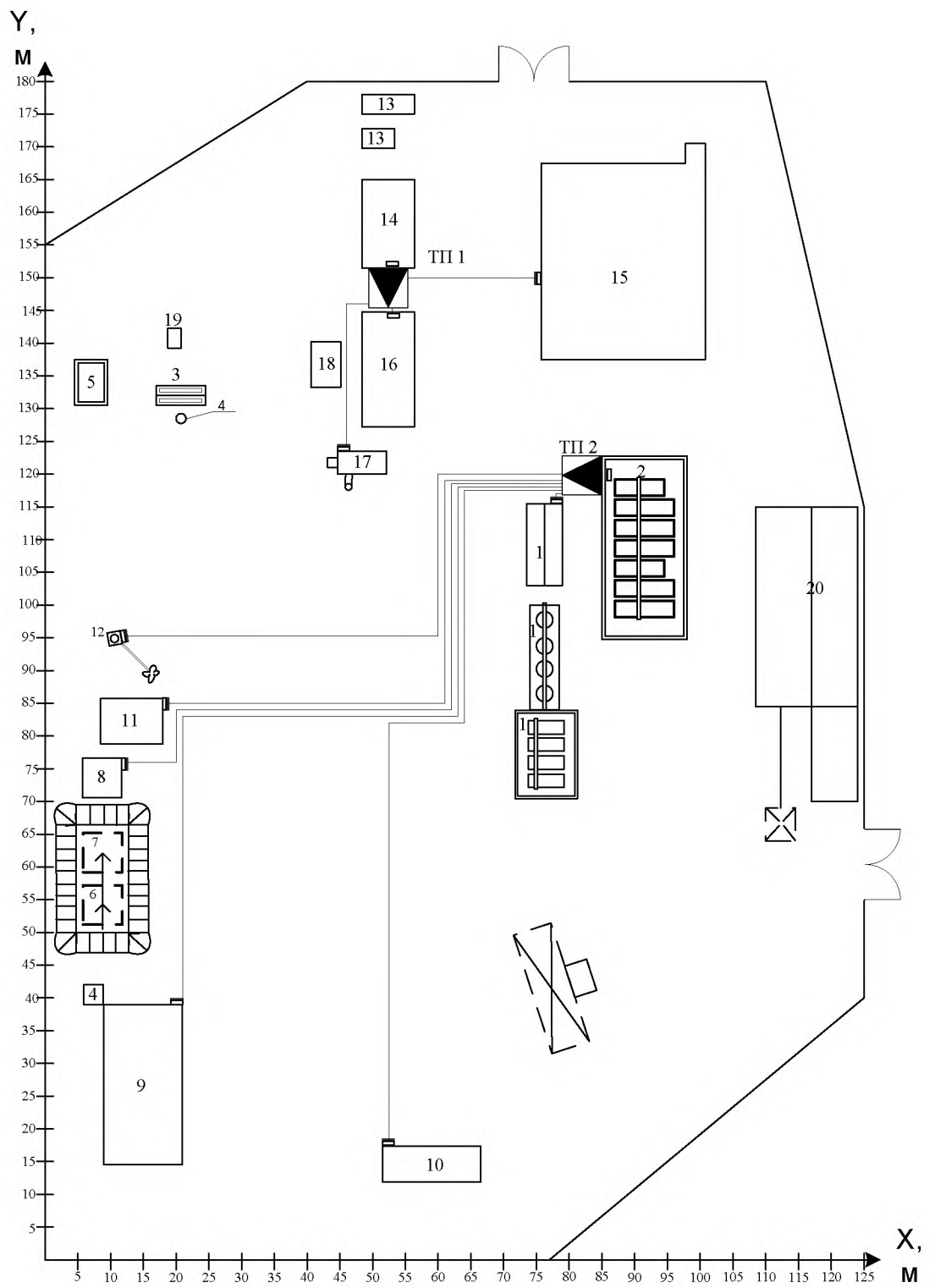


Рисунок 2.3 – Розташування ТП на генплані підприємства

					МР 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$K_3^{AP} = S_{Pi} / S_{НОМ.ТР} \quad (2.30)$$

Для полегшення розрахунків проводимо в табличній формі, таблиця 2.6.

Втрати в тр-рі:

$$\Delta P_T = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{К.З} \left(\frac{S_{Pi}}{S_{НОМ.Т}} \right)^2 \cdot \text{кВт}; \quad (2.31)$$

$$\Delta Q_T = n \cdot \frac{I_{XX}}{100} \cdot S_{НОМ} + \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{К.З}}{100} \left(\frac{S_{Pi}}{S_{НОМ.Т}} \right)^2 \text{кВар}; \quad (2.32)$$

де n – кількість трансформаторів, шт;

ΔP_{XX} – потужність холостого ходу тр-ра, кВт;

$\Delta P_{К.З}$ – потужність КЗ. тр-ра, кВт;

I_{XX} – струм х.х. тр-ра, %;

$U_{К.З}$ – напруга к.з. тр-ра, %;

Потужність з втратами в трансформаторі;

- активна змінна потужність по ТП, кВт:

$$P_{см\ i} = P_{см} + \Delta P_T \quad (2.33)$$

- реактивна змінна потужність по ТП, кВар:

$$Q_{см\ i} = Q_{см} + Q_T \quad (2.34)$$

- повна змінна потужність по ТП, кВА:

$$S_{см\ i} = \sqrt{P_{см\ i}^2 + Q_{см\ i}^2} \quad (2.35)$$

Розрахунковий струм по ТП, А:

$$I_{Pi} = \frac{S_{Mi}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot n} \quad (2.36)$$

де $S_{см\ i}$ – повна змінна потужність по ТП з втратами в трансформаторі, кВА;

U_H – номінальна напруга живлячої лінії, кВ;

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

n – кількість живлячих ліній, шт.

Приклад вибору ТП1 приведений в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Вибір ТП1

Дані нормального режиму																	
Розрахункова потужність ТП1, кВА												Sp, кВА=		889.76505			
Середня потужність ТП1, кВА												Sc, кВА=		795.22027			
Кількість трансформаторів												K=		2			
Втрати активної потужності в трансформаторі, кВА												dPтр=		11.097319			
Втрати реактивної потужності в трансформаторі, кВА												dQтр=		37.068539			
Коефіцієнт завантаження трансформатора												Kз=		0.7061627			
Дані післяаварійного режиму																	
Коефіцієнт перевантаження тр-ра в післяаварійному режимі												Kппа =		1.4			
Доля навантаження в післяаварійному режимі												Kппа =		0.8			
Економічні характеристики																	
Питома вартість втрат грн/кВт												Eв=		620			
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень												Eе=		0.1			
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію												Eа=		4.40%			
№	St, кВА	ΔPкз, кВт	ΔPхх, кВт	Iхх, %	Iкз, %	Kтп2	Kтп1	Обмеження		доп	Складові ПЕР					З, т.грн.	
								Х1	Х2		Вт, т.грн	ΔPпост	ΔPзм	ΔP	Вв, т.грн		
	63	1.28	0.24	2.8	4.5	76.626	31.536	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп
	100	1.97	0.33	2.6	4.5	83.466	35.496	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп
	160	3.1	0.51	2.4	4.5	89.226	40.302	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп
	250	4.2	0.74	2.3	4.5	93.06	47.016	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп
	400	5.9	0.95	2.1	4.5	96.894	55.638	доп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп	недоп
√	630	8.5	1.31	2	5.5	127.62	65.232	доп	доп	доп	18.37728	2.62	8.477319	11.09732	6.880338	25.25762	
	1000	10.5	2.1	1.4	6	142.47	76.032	доп	доп	доп	20.51568	4.2	4.15633	8.35633	5.18	25.70	
	1600	18	2.8	1.3	5.5	187.2	89.172	доп	доп	доп	26.9568	5.6	2.783256	8.383256	5.20	32.15	
	2500	23.5	3.85	1	6.5	214.182	104.472	доп	доп	доп	30.842208	7.7	1.488362	9.188362	5.70	36.54	
Мінімальні затрати, грн.																	25.26
Оптимальна потужність трансформатора																	630

Виходячи з проведених розрахунків приймаємо остаточне проектне рішення вибору трансформаторів для встановлення на кожній ЦТП. Результати занесемо в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Проектні рішення по вибору ЦТП

№ТП	Оптимальна потужність трансформатора	Sp, кВА	Коефіцієнт завантаження
1	2x630	889.76	0.706
2	2x400	663.05	0.829

2.2.3 Визначення центру електричних навантажень та побудова картограми навантажень

Оптимальне місце розміщення ЦРП 10 кВ вибирається за критерієм мінімуму витрат в системі електропостачання виходячи з припущення, що головна понижувальна підстанція може бути встановлена на довільному місці території заводу, не зайнятому цехами. В розрахунках повинні бути враховані затрати в розподільній мережі 10 кВ заводу та в зовнішню лінію живлення починаючи із точки її підводу.

Сформуємо математичну модель задачі згідно етапів вибору оптимальних проектних рішень. Керованими змінними задачі є координати розміщення ЦРП – (x_0, y_0) .

Вектор керованих змінних (x_0, y_0) – координати ЦМ.

Показник ефективності Z – річні приведені затрати.

$$Z(x_0, y_0) = V_{Ж}(x_0, y_0) + V_{ЖП}(x_0, y_0) + V_{Л}(x_0, y_0) + V_{ЛП}(x_0, y_0). \quad (2.37)$$

де $V_{Ж}$ – витрати в зовнішню лінію живлення починаючи з точки підходу лінії до об'єкта;

$V_{ЖП}$ – витрати на передачу потужності по зовнішній лінії живлення починаючи з точки підходу лінії до об'єкта;

$V_{Л}$ – витрати в розподільній мережі ВН;

$V_{ЛП}$ – витрати на передачу потужності по розподільним мережам ВН.

Запишемо складові ПЕР:

Витрати в зовнішню лінію живлення для випадку ПЛ:

$$\begin{aligned} V_{Ж}(x_0, y_0) &= V_{НЖ}(x_0, y_0) + V_{ЗЖ}(x_0, y_0, F_{Ж}) = \\ &= (E_e + E_{аж}) \times \alpha_{Ж} \times L_{Ж} + (E_e + E_{аж}) \times K_0(F_{Ж}, k_{Ж}) \times L_{Ж}; \end{aligned} \quad (2.38)$$

де $V_{НЖ}$ – витрати незалежні від перерізу лінії;

$V_{ЗЖ}$ – витрати залежні від перерізу лінії.

Витрати на передачу потужності по зовнішній лінії живлення:

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{ЖП}(x_0, y_0) = \Delta P_{Ж}(x_0, y_0, F_{Ж}) \cdot B_0 = 3I_{Ж}^2 \times r_{0Ж}(F_{Ж}) \times k_{Ж} \times L_{Ж} \times t \times \tau; \quad (2.39)$$

$$I_{Ж} = \frac{S_{Ж}}{\sqrt{3} \times U_{Н} \times k_{Ж}}. \quad (2.40)$$

Повітряна лінія зовнішнього живлення від точки її підводу до ЦРП може бути прокладена по прямій лінії. Тому довжину цієї лінії $\rho((x_0, y_0), (x_{ae}, y_{ae}))$ будемо визначати за звичайною формулою відстані між двома точками на площині:

$$\rho((x_0, y_0), (x, y)) = \sqrt{(x_0 - x)^2 + (y_0 - y)^2} \quad (2.41)$$

Витрати в розподільні мережі ВН:

$$\begin{aligned} B_{Л}(x_0, y_0) &= B_{НЛ}(x_0, y_0) + B_{ЗЛ}(x_0, y_0, F) = \\ &= \sum_{i=1}^n (E_e + E_a) \times \alpha \times L_i + \sum_{i=1}^n (E_e + E_a) \times (K_0(F_i) \times k_i \times L_i). \end{aligned} \quad (2.42)$$

Витрати на передачу потужності по розподільним мережам ВН:

$$B_{ЛП}(x_0, y_0) = \Delta P_{Л}(x_0, y_0, F) \cdot B_0 = \sum_{i=1}^n 3I_i^2 \times r_0(F_i) \times k_i \times L_i \times t \times \tau. \quad (2.43)$$

Розподільні мережі 10 кВ від ЦРП до ЦТП будуть прокладатись впродовж доріг та проїздів і тому довжина цих ліній буде визначатись за формулою

$$\rho((x_0, y_0), (x, y)) = |x_0 - x| + |y_0 - y| \quad (2.44)$$

Остаточний вигляд ПЕР:

$$\begin{aligned} Z(x_0, y_0) &= [(E_e + E_{аж}) \times (\alpha + K_0(F_{ж}, k_{ж})) + 3I_{ж}^2 \times r_0(F_{ж}) \times k_{ж} \times t \times \tau] \times \rho((x_0, y_0), (x_{ж}, y_{ж})) + \\ &+ \sum_{i=1}^n [(E_e + E_a) \times (\alpha + K_0(F_i) \times k_i) + 3I_i^2 \times r_0(F_i) \times k_i \times t \times \tau] \times \rho((x_0, y_0), (x_i, y_i)) \rightarrow \min_{(x_0, y_0)}; \end{aligned} \quad (2.45)$$

Обмеження на керовані змінні:

$$\begin{aligned} \min_{i=1}^n (x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n (x_i); \\ \min_{i=1}^n (y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n (y_i). \end{aligned}$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умовні позначення

n – кількість цехових ТП (ЦТП);

E_e, E_a – норматив ефективності та коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

$\alpha_{ж}, \alpha$ – складові питомої вартості лінії живлення та розподільних КЛ, незалежні від перерізу;

$K_0(F_i)$ – питома вартість КЛ перерізом F_i ;

k_i – кількість КЛ від ЦМ до i -тої ЦТП;

I_i – струм окремої КЛ від ЦМ до i -тої ЦТП;

L_i – віддаль від ЦМ до i -тої ЦТП;

$r_0(F_i)$ – питомий опір КЛ перерізом F_i ;

t – тариф на електроенергію;

τ – кількість годин максимальних втрат;

$(X_{ж}, Y_{ж})$ – координати точки підходу зовнішньої лінії живлення;

(x_i, y_i) – координати i -тої цехової ТП.

Задача оптимізації, реалізована в середовищі електронних таблиць Excel за допомогою засобу ПОИСК РЕШЕНИЯ (рис. 2.4).

Характеристики мережі												
Напруга, кВ											U= 10	
Метрика мережі: Е - евклідова; НЕ - неевклідова											Метрика НЕ	
Економічні характеристики												
Питомі витрати, які не залежать від перерізу ПЛ, грн/км											a=	50000
Питомі витрати, які не залежать від перерізу КЛ, грн/км											a=	45000
Питома вартість втрат, грн/кВт											Bo=	620
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень											Ee=	0.1
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію											Ea=	4%
Максимальне значення X											Xmax=	125
Максимальне значення Y											Ymax=	176
Мінімальне значення X											Xmin=	0
Мінімальне значення Y											Ymin=	0
											Xo	Yo
Координати ЦМ, м											52.099975	148.84

ТП споживача	X, м	Y, м	k	P, кВт	Q, кВАр	I, А	Ro, Ом/км	Ko, грн/км	L, м	Вл(Вж) грн	Вл(Вжп) грн	З, грн
ТП1	52.1	148.84	2	760.20	517.21	26.54	1.24	19960.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ТП2	81.2	120	2	615.38	293.80	19.69	1.24	19960.00	57.94	688.84	103.57	792.40
Точка підводу живлення	7.5	159.9	2	1240.13	735.94	41.63	0.31	63873.00	55.66	887.34	111.23	998.58
Приведені річні затрати												1790.98058

Поиск решения

Установить целевую ячейку: [Выполнить]

Равной: максимальному значению значению: 0 [Закорить]

минимальному значению

Изменить ячейки: [Предположить]

Ограничения:

- [Добавить]
- [Изменить]
- [Удалить]
- [Удалить]

[Параметры] [Восстановить] [Справка]

Рисунок 2.4 – Визначення оптимальних координат розміщення ЦРП

Проектне рішення: в результаті розрахунку було визначено координати центру електричних навантажень $x_0 = 52,1$ м, $y_0 = 148,84$ м. При такому розміщенні ЦРП витрати на спорудження заводської мережі будуть мінімальними, ЦРП позначається на генплані заводу (додаток Б).

Для побудови картограми навантажень окремих цехів підприємства центри кіл сполучимо з центрами ваги геометричних фігур. Радіуси кіл r_i картограми визначаємо по формулі, мм:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{pi}}{\pi \cdot m_p}}, \quad (2.46)$$

де P_{pi} – потужність і-го цеху;
 m_p – масштаб побудови,

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2} = \frac{396,86}{3,14 \cdot 18,6^2} = 0,365 \text{ кВт/м}^2; \quad (2.47)$$

Вибираємо $m_p = 0,16 \text{ кВт/м}^2$;

Визначимо кут сегменту, який відображає електричне навантаження цеху (для прикладу цеху візьмемо будівлю гаража):

$$\alpha = \frac{360 \cdot P_{mo}}{P_m}, \quad (2.48)$$

$$\alpha = \frac{360 \cdot 12,96}{2,96} = 82,3^\circ$$

Дані розрахунку заносимо в табл. 2.7.

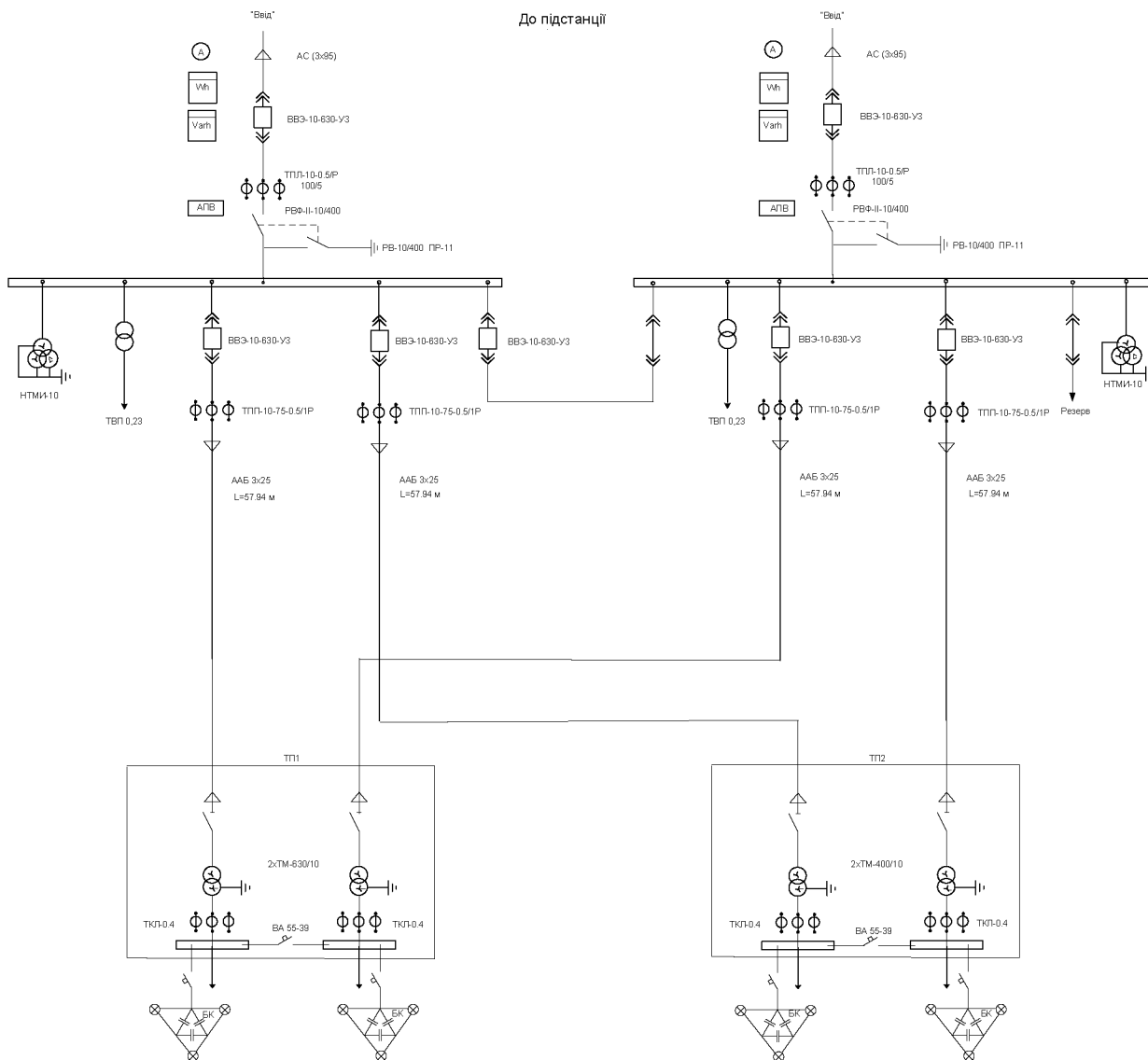
Таблиця 2.7 – Розрахунок картограми навантажень

№ цеху	Кординати центру цеху, м		P _p , кВт	P _{ро} , кВт	R, мм у масштабі	α, °
	x	y				
1	68.6	243.4	39.55	0.70	5,9	6.3
2	128.6	197.1	482.88	2.88	20,6	2.1
4	121.7	159.4	4.51	0.01	2,0	0.4
8	147.4	156.0	38.74	0.24	5,8	2.2
9	161.1	118.3	12.96	2.96	3,4	82.3
10	205.7	104.6	6.05	3.05	2,3	181.4
11	274.3	140.6	2.84	0.84	1,6	106.9
12	276.0	164.6	17.85	0.35	4,0	7.0
14	291.4	204.0	396.86	0.86	18,7	0.8
15	378.9	159.4	277.01	5.01	15,6	6.5
16	51.4	111.4	22.53	1.53	4,4	24.4
17	51.4	152.6	52.71	0.21	6,8	1.4

2.2.4 Синтез системи електропостачання

Оскільки на заводі переважають споживачі I і II категорії надійності то для електропостачання цехів приймаємо 2-х трансформаторні ТП, які живляться по дволанцюговим радіальним кабельним лініям.

Схема електропостачання внутрізаводської мережі представлена на рис. 2.5.



Рисунком 2.5 – Схема електропостачання внутрізаводської мережі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MP 5.8.14.1.212 ПЗ

Арк.

32

2.2.5 Розрахунок розподільчої мережі підприємства

Оптимальні перерізи КЛ 10 кВ повинні відповідати мінімуму річних приведених затрат в ці КЛ. Наведемо математичну модель цієї задачі.

Керована змінна x – переріз КЛ.

Показник ефективності Z – річні приведені затрати.

$$Z(x) = [(E_e + E_a) \cdot K_0(x) + 3 \cdot I_{\text{Л}}^2 \cdot r_0(x) \cdot t \cdot \tau] \cdot L \cdot k_{\text{л}} \rightarrow \min_{x \in X_{\text{ст}}} \quad (2.49)$$

Обмеження на керовану змінну:

$$\begin{aligned} x &\geq x_{\text{дон}} \equiv I_{\text{дон}}(x) \geq I_{\text{Л}}; \\ k_{\text{л}} > 1 &\Rightarrow x \geq x_{\text{надон}} \equiv k_{\text{н}} \cdot I_{\text{дон}}(x) \geq \frac{k_{\text{л}} \cdot I_{\text{Ж}} \cdot k_{\text{пта}}}{k_{\text{л}} - 1}; \quad (k_{\text{н}} = 1); \\ x &\geq x_{\Delta U} \equiv \Delta U_{\text{н}}(x) \leq \Delta U_{\text{ндон}}; \\ k_{\text{л}} > 1 &\Rightarrow x \geq x_{\text{на}\Delta U} \equiv \Delta U_{\text{на}}(x) \leq \Delta U_{\text{надон}}; \\ x &\geq x_{\text{кз}} = \frac{I_{\text{кз}} \cdot \sqrt{t_{\text{н}}}}{C} \\ x &\in X_{\text{ст}}. \end{aligned} \quad (2.50)$$

де $K_0(x)$ – питома вартість КЛ залежно від її перерізу;

$I_{\text{Л}}$ – струм окремого кабелю;

$r_0(x)$ – питомий активний опір КЛ залежно від її перерізу;

L – довжина лінії;

$I_{\text{дон}}$ – допустимий струм КЛ згідно ПУЕ;

$k_{\text{л}}$ – кількість кіл;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт перевантаження КЛ в післяаварійному режимі;

ΔU_i – втрата напруги в КЛ в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{ндон}}$ – допустима втрата напруги в ПЛ в нормальному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{на}}$ – втрата напруги в КЛ в післяаварійному режимі роботи;

$\Delta U_{\text{надон}}$ – допустима втрата напруги в КЛ в післяаварійному режимі роботи;

$x_{\text{кз}}$ – мінімальний переріз КЛ, який витримує термічну дію струмів к.з.;

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{кз}$ – струм к.з.;

t_n – приведений час к.з.;

C – термічний коефіцієнт, який залежить від матеріалу струмопровідної жили КЛ [9].

Для розв'язку задачі використаємо табличну форму (рис. 2.6). Наведена таблична форма утримує вихідні дані та результати розрахунку оптимальних перерізів розподільних КЛ 10 кВ від ЦРП до ЦТП 2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	
5	Допустима втрата напруги в КЛ у п/а режимі dUпадоп, %											10						
6	Довжина лінії L, км											1						
7	Струм КЗ на початку лінії Iкз, кА											3,153935						
8	Приведений час КЗ тп, с											0,5						
9	Тепловий коефіцієнт C, (A*c^(1/2))/мм^2											94						
10	Нормативний коефіцієнт віпрахувань Be											0,1						
11	Коефіцієнт амортизаційних віпрахувань Ea											4%						
12	Число годин максимальних втрат											3100						
13	Тариф на активну електроенергію, грн/(кВт*год)											0,2						
14	Кількість кабелів в лінії k											2						
15	Коефіцієнт переваантаження у п/а режимі, кп											1,4						
16	Коефіцієнт недовантаження у п/а режимі, кпта											0,8						
17	Розрахунковий струм в лінії, А											19,68516						
18	Мінімальний переріз кабеля за умов КЗ Fкз, мм^2											23,7252						
19																		
20																		
21																		
22																		
23	*	Марка кабеля	Переріз мм^2	R ₀ Ом/мм	X ₀ Ом/мм	доп А	К ₀₁ грн/мм	доп гр	Обмеження кЗ1→Xкк2	доп ΔUк1<Uк2	доп ΔUпа<Uпа	доп Xкк2	Допустимість	Складові затрати	Приведе			
24		ААБ 3х10	10	3,1	0,122	0	0	недоп	недоп	доп	доп	недоп	недоп	0	4468,715	---		
25		ААБ 3х16	16	1,94	0,113	75	17,36	доп	доп	доп	доп	недоп	недоп	4860,8	2796,551	---		
26	V	ААБ 3х25	25	1,24	0,099	90	19,96	доп	доп	доп	доп	доп	доп	5588,8	1767,486	7376,286	V	
27		ААБ 3х35	35	0,89	0,095	115	23,55	доп	доп	доп	доп	доп	доп	6594	1282,954	7876,954		
28		ААБ 3х50	50	0,62	0,09	140	27,12	доп	доп	доп	доп	доп	доп	7593,6	893,743	8487,343		
29		ААБ 3х70	70	0,443	0,086	165	32,4	доп	доп	доп	доп	доп	доп	9072	638,5938	9710,594		
30		ААБ 3х95	95	0,326	0,083	205	38,79	доп	доп	доп	доп	доп	доп	10861,2	469,9358	11331,14		
31		ААБ 3х12	120	0,258	0,081	240	44,82	доп	доп	доп	доп	доп	доп	12549,6	371,9124	12921,51		
32		ААБ 3х15	150	0,206	0,079	275	50,12	доп	доп	доп	доп	доп	доп	14033,6	296,9533	14330,55		
33		ААБ 3х18	185	0,167	0,077	310	54,96	доп	доп	доп	доп	доп	доп	15368,8	240,734	15629,53		
34		ААБ 3х24	240	0,129	0,075	355	60,5	доп	доп	доп	доп	доп	доп	16940	185,9582	17125,96		
35		ААБ 3х30	300	0,103	0	0	0	недоп	недоп	доп	доп	доп	недоп	0	146,4767	---		
36	Мінімальні затрати																7376,286	
37	Оптимальний переріз кабеля																25	

Рисунок 2.6 – Таблична форма визначення оптимальних перерізів розподільних КЛ 10 кВ

Оптимальні перерізи інших КЛ 10 кВ, які живлять ЦТП визначаються аналогічно. Результати вибору КЛ представлені в табл. 2.8.

Проектне рішення вибираємо за отриманими результатами: вибираємо кабельні лінії ААБ 25 мм².

Таблиця 2.8 – Результати вибору КЛ

Місце підводу	Марка кабеля	Переріз
ЦРП - ТП2	ААБ 3х25	25

2.3 Розробка зовнішнього електропостачання

Схема зовнішнього живлення промислового підприємства залежить від віддаленості джерела живлення та усієї схеми електропостачання даного району, промислового вузла; потрібної потужності з врахуванням перспектив розвитку територіального розміщення навантаження; необхідного ступеню забезпеченості електрозабезпечення.

Критерієм оптимальності вибраної схеми зовнішнього живлення заводу є мінімум приведених затрат на створення цієї схеми.

Наведемо математичну модель цієї задачі.

Активна, реактивна та повна потужність лінії живлення:

$$P_{\text{Ж}} = P_{\text{Р}} + \Delta P_{\text{ЦТП}}; \quad (2.51)$$

$$Q_{\text{Ж}} = Q_{\text{Р}} + \Delta Q_{\text{ТР}}; \quad (2.52)$$

$$S_{\text{Ж}} = \sqrt{P_{\text{Ж}}^2 + Q_{\text{Ж}}^2}. \quad (2.53)$$

Струм окремої лінії:

$$I_{\text{Ж}} = \frac{S_{\text{Ж}}}{\sqrt{3} U_{\text{Л}} k_{\text{е}}}. \quad (2.54)$$

Втрата напруги в ПЛ в нормальному режимі роботи:

$$\Delta U_{\text{н}}(x) = \frac{P_{\text{Ж}} \cdot r_0(x) + Q_{\text{Ж}} \cdot x_0(x)}{U_{\text{Л}} \cdot k_{\text{е}}} \cdot L \quad (2.55)$$

Втрата напруги в ПЛ в після аварійному режимі роботи:

$$\Delta U_{\text{па}}(x) = \Delta U_{\text{н}}(x) \cdot k_{\text{Л}} \cdot k_{\text{ппа}} \quad (2.56)$$

Керована змінна x – переріз ПЛ.

Показник ефективності Z – річні приведені затрати.

$$Z(x) = B_{\text{Ж}}(x) + B_{\text{В}}(x). \quad (2.57)$$

$$B_{\text{Ж}}(x) = (E_{\text{е}} + E_{\text{а}}) \cdot K_0(x, k_{\text{Л}}) \cdot L; \quad (2.58)$$

$$B_{\text{В}}(x) = 3 \cdot I_{\text{Ж}}^2 \cdot r_0(x) \cdot L \cdot k_{\text{Л}} \cdot B_0; \quad B_0 = t \cdot \tau. \quad (2.59)$$

$$Z(x) = [(E_{\text{е}} + E_{\text{а}}) \cdot K_0(x, k_{\text{Л}}) + 3 \cdot I_{\text{Ж}}^2 \cdot r_0(x) \cdot k_{\text{Л}} \cdot t \cdot \tau] \cdot L \rightarrow \min_{x \in X_{\text{до}}}$$

Обмеження на керовану змінну

$$x \geq X_{кор};$$

$$x \geq X_{мех};$$

$$x \geq X_{ндоп} \equiv I_{доп}(x) \geq I_{ж};$$

$$k_{л} > 1 \Rightarrow x \geq X_{падоп} \equiv k_{л} \cdot I_{доп}(x) \geq k_{л} \cdot I_{ж} \cdot k_{ппа}; \quad (k_{л} = 1);$$

$$x \geq X_{\Delta U} \equiv \Delta U_{н}(x) \leq \Delta U_{ндоп};$$

$$k_{л} > 1 \Rightarrow x \geq X_{\Delta U} \equiv \Delta U_{па}(x) \leq \Delta U_{падоп};$$

$$x \in X_{ст.}$$

Для розв'язку задачі використаємо табличну форму (рис. 2.7). Наведена таблична форма утримує вихідні дані та результати розрахунку оптимального перерізу живлячої лінії ПЛ 10 кВ.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	M	N	O	P	Q
1	Вибір оптимального перерізу ПЛ 10 кВ за мінімумом приведених затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Напруга, кВ															
4	Активна розрахункова потужність споживача, кВт															
5	Реактивна розрахункова потужність споживача, кВар															
6	Розрахунковий струм окремого проводу, А															
7	Допустима втрата напруги в ПЛ, %															
8	Кількість ланцюгів															
9	Довжина лінії, км															
10	Мінімально допустимий переріз за механічною міцністю, мм ²															
11	Мінімально допустимий переріз за відсутності корони, мм ²															
12	Дані післяаварійного режиму															
13	Коефіцієнт перевантаження КЛ у п/а режимі															
14	Доля навантаження у п/а режимі															
15	Допустима втрата напруги в ПЛ, %															
16	Допустима втрата напруги в ПЛ в післяаварійному режимі, %															
17	Економічні характеристики															
18	Питома вартість втрат, грн/км															
19	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень															
20	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію															
21																
22																
23																
24	*	Переріз	R ₀	X ₀	доп	K ₀₂	Обмеження					Допустимість	Складові затрати		Приведені затрати	*
25		мм ²	Ом/км	Ом/км	А	грн/км	x>х _{мех}	доп≥I _л	к>I→X ₂ X _{зад}	ΔU _ж ≤U _{ндоп}	ΔU _{па} ≤U _{падоп}		Вж, грн	Вв, грн		
26		10	2.766	0.412313	84	0	недоп	доп	доп	недоп	недоп	недоп	0	80969.28	---	---
27		16	1.801	0.398589	111	49.086	недоп	доп	доп	недоп	недоп	недоп	31906.9	52720.78	---	---
28		25	1.176	0.386489	142	50.589	недоп	доп	доп	доп	доп	недоп	32882.85	34426.12	---	---
29		35	0.79	0.373144	175	52.369	доп	доп	доп	доп	доп	доп	34039.86	23126.72	57166.57	
30		50	0.603	0.364764	210	54.254	доп	доп	доп	доп	доп	доп	35266.1	17651.66	52916.76	
31		70	0.428	0.35398	265	58.617	доп	доп	доп	доп	доп	доп	38101.05	12528.87	50629.92	
32		95	0.31	0.343369	330	63.873	доп	доп	доп	доп	доп	доп	41517.45	9074.649	50592.1	V
33		120	0.25	0.335926	390	67.947	доп	доп	доп	доп	доп	доп	44165.56	7318.265	51483.82	
34		150	0.199	0.329645	450	80	доп	доп	доп	доп	доп	доп	52000	6025.339	57825.34	
35		185	0.158	0.322687	520	85	доп	доп	доп	доп	доп	доп	55250	4625.144	59875.14	
36		240	0.122	0.313874	605	90	доп	доп	доп	доп	доп	доп	58500	3571.313	62071.31	
37		300	0.099	0.307262	710	100	доп	доп	доп	доп	доп	доп	65000	2898.033	67898.03	
37	Мінімальні затрати															50592.1

Рисунок 2.7 – Таблична форма визначення оптимального перерізу живлячої ПЛ 10 кВ

Проектне рішення вибираємо за отриманими результатами: вибираємо повітряну лінію живлення АС 95 мм².

2.4 Розрахунок рівнів напруг та вибір відгалужень трансформаторів

Одним з основних показників, який вказує на якість електричної енергії, є відхилення напруги на затискачах електроприймачів, зв'язаних з загальною мережею, в зв'язку з падінням напруги в мережі. За ПУЕ, при нормальній роботі дозволяється таке відхилення напруги: на затискачах електродвигунів $-5 - +10\%$, на затискачах проводів працюючого освітлення $-2,5 - +5\%$.

Для регулювання напруги в трансформаторах передбачено чотири допоміжні відпайки, що дозволяє отримати п'ять коефіцієнтів трансформації.

Вихідними даними для розрахунку являються: схеми зовнішнього, заводського електропостачання і схема електропостачання цеху, параметри цих мереж, розрахункові навантаження вузлів вказаних мереж і значення напруги в живлячому вузлі в режимі максимальних і мінімальних навантажень енергосистеми.

Мета розрахунку – забезпечити допустимі рівні напруги на затискачах споживачів за рахунок правильного виду регулюючих відгалужень на трансформаторах заводських підстанцій, правильна побудова розподільчих мереж підприємства і місцевих засобів регулювання напруг. При розрахунку потрібно врахувати те, що система може забезпечити рівень напруги $1,05U_H$ в максимальному режимі роботи підприємства, і рівень напруги $1,01U_H$ в мінімальному режимі роботи підприємства.

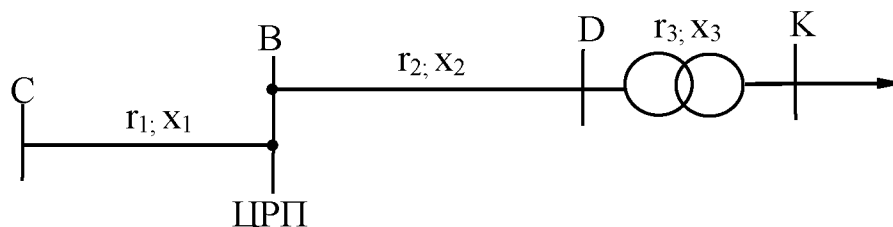


Рисунок 2.8 – Схема розрахункової мережі.

Розрахунок проводимо для режимів максимального та мінімального навантаження (для прикладу розрахуємо вибір відпайок на ТП1):

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а) Режим максимального навантаження:

$$\Delta U_{CB} = \frac{P_{\kappa}^{\max} \cdot r_1 + Q_k^{\max} \cdot X_1}{U_c^{\max}} \quad (2.60)$$

$$\Delta U_{CB} = \frac{1219,02 \cdot 0,388 + 675,55 \cdot 0,425}{10,5} = 0,072 \text{кВ}$$

$$U_{\epsilon}^{\max} = U_c^{\max} - \Delta U_{CB} \quad (2.61)$$

$$U_{\epsilon}^{\max} = 10,5 - 0,072 = 10,428 \text{кВ}$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{605,37 \cdot 0,071 + 270,48 \cdot 0,005}{10,428} = 0,005 \text{кВ}$$

$$U_D^{\max} = 10,428 - 0,005 = 10,423 \text{кВ}$$

$$\Delta U_{DK} = \frac{605,37 \cdot 1,844 + 270,48 \cdot 5,314}{10,423} = 0,245 \text{кВ}$$

$$U_K^{\max} = 10,423 - 0,245 = 10,178 \text{кВ}$$

б). Режим мінімального навантаження (розрахунок проводиться аналогічно):

$$\Delta U_{CB} = \frac{P_{\kappa}^{\min} \cdot r_1 + Q_k^{\min} \cdot X_1}{U_c^{\min}} \quad (2.62)$$

$$\Delta U_{CB} = \frac{0,3 \cdot 1219,02 \cdot 0,388 + 0,3 \cdot 675,55 \cdot 0,425}{10,1} = 0,023 \text{кВ}$$

$$U_B^{\min} = 10,1 - 0,023 = 10,077 \text{кВ}$$

$$\Delta U_{BD} = \frac{605,37 \cdot 0,071 + 270,48 \cdot 0,005}{10,077} = 0,006 \text{кВ}$$

$$U_D^{\min} = 10,077 - 0,006 = 10,071 \text{кВ}$$

$$\Delta U_{DK} = \frac{605,37 \cdot 1,844 + 270,48 \cdot 5,314}{10,071} = 0,254 \text{кВ}$$

$$U_K^{\min} = 10,071 - 0,254 = 9,817 \text{кВ}$$

Проведемо розрахунок напруги при роботі трансформатора на різних відпайках. Результати розрахунку зведемо до таблиці 2.9.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.9 – Значення вторинної напруги при роботі трансформатора на різних відпайках

	Режим вузлів	U_K^{\max} , кВ	Відгалудж. ТП, %	$K_{тр}$, при $U_{1ном}=10$ кВ	U_2 , при $U_K=U_{1ном}$	Висновок
ТП1	MAX	10,156	5	26,25	0,387	Допустимо
			2,5	25,63	0,396	Допустимо
			0	25	0,406	Недопустимо
			-2,5	24,38	0,417	Недопустимо
			-5	23,75	0,428	Недопустимо
	MIN	9.796	5	26,25	0,373	Недопустимо
			2,5	25,63	0,382	Допустимо
			0	25	0,392	Допустимо
			-2,5	24,38	0,402	Недопустимо
			-5	23,75	0,412	Недопустимо
ТП2	MAX	10,178	5	26,25	0,388	Допустимо
			2,5	25,63	0,397	Допустимо
			0	25	0,407	Недопустимо
			-2,5	24,38	0,417	Недопустимо
			-5	23,75	0,429	Недопустимо
	MIN	9.817	5	26,25	0,374	Недопустимо
			2,5	25,63	0,383	Допустимо
			0	25	0,393	Допустимо
			-2,5	24,38	0,403	Недопустимо
			-5	23,75	0,413	Недопустимо

Критерієм допустимості є нерівність:

$$U_H \leq U_K \leq 1.05U_H, \quad (2.63)$$

де $U_H = 0,38$ кВ – номінальна напруга.

Висновок: аналізуючи отримані результати розрахунків впевнюємося, що в обох режимах доцільно вибрати відпайку трансформатора +2,5% для всіх ТП.

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання

Розрахунок струму короткого замикання проводиться для вибору або перевірки параметрів електрообладнання, а також для вибору або перевірки уставок релейного захисту та автоматики.

									Арк.
									39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP 5.8.14.1.212 ПЗ				

Складаємо розрахункову схему (спрощену однолінійну схему електроустановки), на якій вказуємо всі елементи, які впливають на струм КЗ, намічаємо точки КЗ (рис. 2.9).

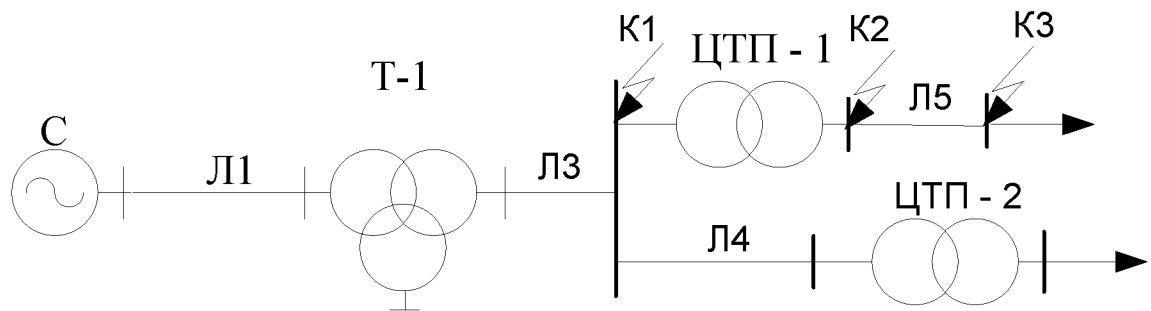


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема

Складемо схему заміщення електричної системи. Трансформаторні зв'язки замінюються електричними – елементами з магнітозв'язаними колами вводяться в схему заміщення у вигляді відповідних еквівалентних електричних опорів.

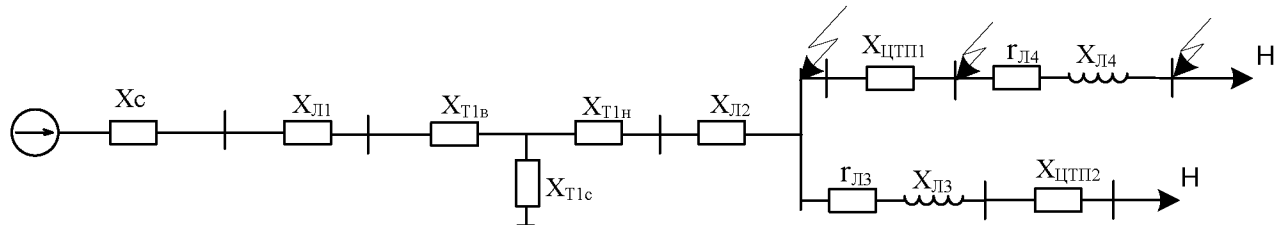


Рисунок 2.10 – Схема заміщення

Розрахунок параметрів електричної системи виконаємо у системі відносних одиниць при точному приведенні елементів, тобто, за дійсними або коефіцієнтами трансформації. Для цього вибираємо базові умови. За базову потужність приймаємо $S_6 = 1500$ кВА. За базові напруги приймаємо їх середні значення на кожному із ступенів трансформації.

$$U_{61} = 115 \text{ кВ};$$

$$U_{62} = 37 \text{ кВ};$$

$$U_{63} = 10,5 \text{ кВ};$$

$$U_{64} = 0.4 \text{ кВ}.$$

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Приведемо параметри елементів схеми заміщення до базових умов у системі відносних одиниць при точному приведенні.

Опір системи [5]:

$$X_c = \frac{S_B}{S_K} = \frac{1500}{1500} = 1 \text{ (в.о.)} \quad (2.64)$$

де $S_{\bar{6}}$ – базисна потужність, кВА;

S_K – потужність К.З. на шинах ЦРП, кВА.

Опори трансформаторів, в.о. [5]:

$$U_{k\bar{6}} \% = 0.5 \cdot (U_{k\bar{6}c} + U_{k\bar{6}н} - U_{k\bar{6}н}) = 0.5 \cdot (10,5 + 17 - 6) = 10,75$$

$$x_{m1\bar{6}} = \frac{U_{k\bar{6}} \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_n} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{6}1}} \right)^2 = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{1500}{6300} \cdot \left(\frac{110}{115} \right)^2 = 0.023 \quad (2.65)$$

де U_K – напруга К.З., %

U_n – напруга приведення, кВ;

S_n – номінальна потужність тр-ра, кВА.

$$U_{k\bar{c}} \% = 0.5 \cdot (U_{k\bar{c}c} + U_{k\bar{c}н} - U_{k\bar{c}н}) = 0.5 \cdot (10,5 + 6 - 17) = -0.25$$

$$x_{m1\bar{c}} = \frac{U_{k\bar{c}} \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_n} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{6}2}} \right)^2 = \frac{-0,25}{100} \cdot \frac{1500}{6300} \cdot \left(\frac{35}{37} \right)^2 = -0.005$$

$$r_{m1} = \Delta P_k \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_n^2} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{6}1}} \right)^2 = 52 \cdot \frac{1,5}{6,3^2} \cdot \left(\frac{110}{115} \right)^2 = 0,002$$

$$r_{\bar{c}} = r_c = r_n = 0,5 \cdot r_{m1} = 0,001$$

$$U_{k\bar{н}} \% = 0.5 \cdot (U_{k\bar{н}н} + U_{k\bar{н}с} - U_{k\bar{н}с}) = 0.5 \cdot (17 + 6 - 10,5) = 6,25$$

$$x_{m1\bar{н}} = \frac{U_{k\bar{н}} \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_n} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{6}3}} \right)^2 = \frac{6,25}{100} \cdot \frac{1500}{6300} \cdot \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 = 0.013$$

$$x_{\text{умн}1} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{6}}}{S_n} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{6}3}} \right)^2 = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{1500}{630} \cdot \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 = 0.119$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$r_{ymn1} = \Delta P_k \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_n^2} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{\sigma}3}} \right)^2 = 7,6 \cdot \frac{1500}{630^2} \cdot \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 = 0,026$$

$$x_{ymn2} = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_n} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{\sigma}3}} \right)^2 = \frac{4,5}{100} \cdot \frac{1500}{400} \cdot \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 = 0,153$$

$$r_{ymn2} = \Delta P_k \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_n^2} \cdot \left(\frac{U_n}{U_{\bar{\sigma}3}} \right)^2 = 5,5 \cdot \frac{1500}{400^2} \cdot \left(\frac{10}{10,5} \right)^2 = 0,047$$

Опори ліній, в.о [5]:

$$x_{r1} = x_o \cdot l_1 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}1}^2} = 0,3 \cdot 30 \cdot \frac{1,5}{115^2} = 0,001 \quad (2.66)$$

$$r_{r1} = r_o \cdot l_1 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}1}^2} = 0,2 \cdot 30 \cdot \frac{1,5}{115^2} = 0,0007$$

$$x_{r2} = x_o \cdot l_2 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 0,343 \cdot 2,5 \cdot \frac{1,5}{10,5^2} = 0,012$$

$$r_{r2} = r_o \cdot l_2 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 0,326 \cdot 2,5 \cdot \frac{1,5}{10,5^2} = 0,011$$

$$r_3 = r_i \cdot l_3 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 1,24 \cdot 0,058 \cdot \frac{1,5}{10,5^2} = 0,0009$$

$$x_3 = x_o \cdot l_3 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}3}^2} = 0,099 \cdot 0,058 \cdot \frac{1,5}{10,5^2} = 0,00005$$

$$z_{r3} = \sqrt{r_{r3}^2 + x_{r3}^2} = \sqrt{0,0009^2 + 0,00005^2} = 0,001$$

$$r_{r4} = r_o \cdot l_4 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}4}^2} = 1,24 \cdot 0,005 \cdot \frac{1,5}{0,4^2} = 0,058$$

$$x_{r4} = x_o \cdot l_4 \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}4}^2} = 0,066 \cdot 0,005 \cdot \frac{1,5}{0,4^2} = 0,003$$

$$z_{r4} = \sqrt{r_{r4}^2 + x_{r4}^2} = \sqrt{0,058^2 + 0,003^2} = 0,058$$

де r_0 – питомий активний опір кабелю даного перерізу, Ом/км;

x_0 – питомий реактивний опір.

При розрахунку струмів К.З. приймаємо, що завод живиться джерелом нескінченної потужності, тоді струм К.З. приймаємо незатухаючим:

						Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	MP 5.8.14.1.212 ПЗ	

$$I_C = I_{II} = I_{0,2} = I_{\infty}$$

де $I_{0,2}$ – значення I_{Σ} для $t = 0.2$ хв., необхідне для перевірки вимикача за вимикаючим струмом;

I_{∞} – діюче значення струму К.З., який встановився.

Приймаємо: $I_{КЗ} = I_{II} = I_{\infty}$.

Спростимо дану схему відносно точки К1 до вигляду:

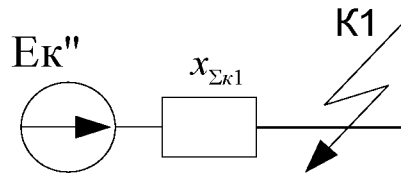


Рисунок 2.11 – Спрощена схема заміщення

Якщо активний опір вітки не перевищує 30% її індуктивного опору, то визначення періодичної складової струму КЗ проводиться при умові $r_{\Sigma}=0$.

$$x_5 = x_c + x_{л1} + x_{m1в} + x_{m1н} + x_{л2} = 1 + 0.001 + 0,023 + 0,013 + 0.012 = 1.049$$

$$x_6 = x_{л3} + x_{ум2} = 0,0005 + 0,153 = 0.154$$

$$x_7 = z_{л4} + x_{ум1} = 0,058 + 0,119 = 0.177$$

$$x_8 = \frac{x_7 \cdot x_6}{x_7 + x_6} = \frac{0,177 \cdot 0.154}{0,177 + 0.154} = 0,067$$

$$x_{\Sigma K1} = \frac{x_6 \cdot x_5}{x_6 + x_5} = \frac{0,067 \cdot 1.049}{0,067 + 1.049} = 0,063$$

Струм К.З., кА [5];

$$I_{K1}^{(3)} = I_{n0}^{(3)} = \frac{E_c''}{X_{\Sigma K1}} \cdot I_{B1} = \frac{1}{0,063} \cdot 0.082 = 1.3 \text{ кА} \quad (2.67)$$

$$\text{де } I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B3}} = \frac{1.5}{\sqrt{3} \cdot 10.5} = 0.082 \text{ кА} \quad (2.68)$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Ударний струм К.З., кА [5]:

$$I_y = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot \left(1 + e^{\frac{0.01}{T_a}}\right) = \sqrt{2} \cdot 1.3 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0.01}{0.012}}\right) = 2.637 \quad (2.69)$$

де T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму трьохфазного КЗ.

$$T_a = \frac{X_\Sigma}{\omega \cdot R_\Sigma} = \frac{0.063}{314 \cdot 0.017} = 0.012 \quad (2.70)$$

де X_Σ – сумарний реактивний опір в даній тачці К.З.

R_Σ – сумарний активний опір в даній точці К.З., Ом.

Час протікання К.З. до повного вимкнення вимикача, хв:

$$t_{\text{ВИМ}} = t_{\text{р.з}} + t_{\text{П.В}} = 1.5 + 0.12 = 1.62 \quad (2.71)$$

де $t_{\text{р.з}}$ - витримка часу спрацювання основного Р.З., с;

$t_{\text{П.В}}$ - повний час відімкнення вимикача, хв.

Тепловий імпульс струму К.З. віддаленого (при живленні від системи) та $t_{\text{ВИМ}} \geq (1 \div 2) T_a$, кА²с:

$$B_K = (I_{n0})^2 \cdot (t_{\text{ВИДК}} + T_A) = 1.3^2 \cdot (1.62 + 0.012) = 2.758 \quad (2.72)$$

Розрахунковий час початку розмикання контактів вимикача, с:

$$\tau = t_{\text{РЗМИН}} + t_{\text{СВ}} = 0.01 + 0.09 = 0.1 \quad (2.73)$$

де $t_{\text{РЗМИН}}$ - мін час спрацьовування Р.З. [8], хв;

$t_{\text{СВ}}$ - власний час відключення вимикача до моменту розмикання головних контактів, хв.

Значення аперіодичної складової струму К.З. в момент часу τ , кА:

$$i_{\alpha\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_A}} = \sqrt{2} \cdot 1.3 \cdot e^{\frac{-0.1}{0.012}} = 0.04 \quad (2.74)$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний переріз кабелю за умовою струму К.З., мм²:

$$S_{\text{MIN}} = \frac{\sqrt{B_{\text{K}}} \cdot 10^3}{C} = \frac{\sqrt{2.76} \cdot 10^3}{100} = 16.6 \quad (2.75)$$

де C – функція, яку визначаємо для даного кабелю за [8].

Розрахунок струмів короткого замикання в заводській мережі

Складаємо розрахункову схему (рисунок 2.12 а): $S_{\text{НОМ.Т}}=630$ кВ·А.

Опори трансформатора: $R_{\text{T}} = 3,1$ мОм, $X_{\text{T}} = 13,6$ мОм.

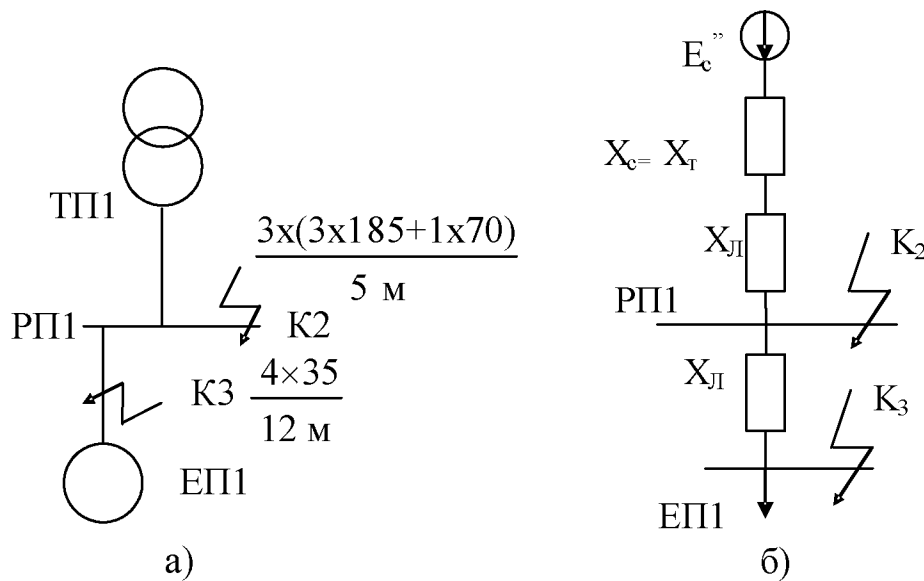


Рисунок 2.12 – Розрахункова схема цехової мережі (а) та її схема заміщення (б)

Струм трифазного КЗ на шинах ТП від системи [7]:

$$I_{\text{к1с}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, \quad (2.76)$$

де Z_{Σ} - загальний повний опір елементів цехової мережі до точки КЗ.

$$I_{\text{к1с}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{3 \cdot 1^2 + 13.6^2}} = 16.515 \text{ кА.}$$

Струм КЗ, зумовлений гальмуванням електродвигунів [7]:

$$I_{\text{к1д}}^{(3)} = 2,29 \cdot \frac{S_{\text{НОМ.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = 2,29 \cdot \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2.192 \text{ кА.} \quad (2.77)$$

Максимальне значення струму КЗ на шинах ТП:

$$I_{\kappa 1}^{(3)} = I_{\kappa 1c}^{(3)} + I_{\kappa 1d}^{(3)} = 16.515 + 2.192 = 18.707 \text{ кА.}$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки на ТП, умовам комутаційної здатності відповідають. ($I_{н.відкл} = 32.5 \text{ кА}$).

Розраховуємо сумарний опір ділянки до точки К2:

$$Z_{\Sigma 1} = Z_T + Z_{L1}. \quad (2.78)$$

$$Z_{\Sigma 1} = \sqrt{(3.1)^2 + (13.6)^2} + \sqrt{(0.208 \cdot 5)^2 + (0.063 \cdot 5)^2} = 15.035 \text{ Ом.}$$

Струм трифазного КЗ в точці К2:

$$I_{\kappa 1c}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 15.035} = 15.322 \text{ кА.} \quad (2.79)$$

Отже, автоматичний вимикач ВА55-37 з $I_{н.відк} = 32,5 \text{ кА}$ задовольняє умові комутаційної здатності:

$$I_{н.відк} \geq I_{\kappa 2}^{(3)}. \quad (2.80)$$

Розраховуємо сумарний опір ділянки до точки К3:

$$Z_{\Sigma 3} = Z_{\Sigma 2} + Z_{L2}, \quad (2.81)$$

$$Z_{\Sigma 3} = 31.47 + \sqrt{(2.4 \cdot 48)^2 + (0.084 \cdot 48)^2} = 146.7 \text{ Ом.}$$

Струм трифазного КЗ в точці К3:

$$I_{\kappa 1c}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma 3}}$$

$$I_{\kappa 1c}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 41.562} = 5.54 \text{ кА.}$$

Отже, автоматичний вимикач ВА51-31 з $I_{н.відк} = 6 \text{ кА}$ задовольняє умові комутаційної здатності.

Перевіримо термічну стійкість кабелів до дії струмів КЗ. Мінімальний переріз кабельних ліній [9]:

$$S_{\min} = \frac{I_{\kappa 1}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{відкл}}}{C_m} \cdot 1000, \quad (2.82)$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\min} = \frac{18.707 \cdot \sqrt{0,14}}{76} \cdot 1000 = 92 \text{ мм}^2,$$

де $t_{\text{відк}} = t_{\text{с.в}} + t_{\text{д}} + T_{\text{а}} = 0,1 + 0,01 + 0,03 = 0,14 \text{ с};$

Вибрані кабелі задовольняють умові термічної стійкості.

Розраховуємо струм однофазного КЗ в точці К2:

$$I_{\text{кР2}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot l} \quad (2.83)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)}$ - повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ з урахуванням перехідного опору до точки КЗ;

$Z_{\text{ф-н}}$ - погонний опір петлі «фаза-нуль».

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_m + R_{om} + 3 \cdot R_n)^2 + (2 \cdot X_m + X_{om})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 3.1 + 3.4 + 3 \cdot 30)^2 + (2 \cdot 13.6 + 13.5)^2} = 107.595 \text{ МОм.} \end{aligned} \quad (2.84)$$

де R_n - перехідний опір

R_{om} , X_{om} - активний і реактивний опори нульової послідовності трансформатора.

$$I_{\text{кР2}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{107.595}{3} + 0.73 \cdot 5} = 5.568 \text{ кА.}$$

Розраховуємо струм однофазного КЗ в точці К3:

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = \frac{U_{\text{ф.ном}}}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{\text{ф-н}} \cdot l}, \quad (2.85)$$

де $Z_m^{(1)}$ - повний опір силового трансформатора струмам однофазного к.з

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{41,817}{3} + 3.35 \cdot 12 + 0.73 \cdot 5} = 3,807 \text{ кА.}$$

Перевіримо чутливість захисту цехової мережі.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП1[9]:

$$I_{н.розч} < \frac{I_{KR2}^{(1)}}{3} \quad (2.86)$$

$$400 \text{ А} < \frac{5568}{3} = 1856 \text{ А.}$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1-ЕП1 [9]:

$$I_{н.вст.} < \frac{I_{K3}^{(1)}}{3} \quad (2.87)$$

$$80 \text{ А} < \frac{3807}{3} = 1269 \text{ А.}$$

Умови виконуються, що свідчить про правильність розрахунків.

Забезпечення селективності дії захисту досягається правильним вибором уставок струмової відсічки автоматичних вимикачів суміжних ступенів.

Перевіримо селективність дії захисту

$$I_{с.в1} = 800 \text{ А} > 1,5 \cdot I_{с.в2} = 1,5 \cdot 224 = 336 \text{ А.} \quad (2.88)$$

$$t_{с.в1} = t_{с.в2} + \Delta t, \quad (2.89)$$

$$t_{с.в1} = 1.5 + 0.1 = 2.5$$

де $I_{с.в1}$, $I_{с.в2}$ – значення струмів спрацювання відсічки відповідно вищого і нижчого ступенів;

$t_{с.в1}$, $t_{с.в2}$ – час спрацювання відсічки вищого і нижчого ступенів;

Δt – ступінь селективності ($\Delta t = 0,1 \text{ с}$ - ВА 55).

2.6 Вибір обладнання ТП та розподільчих мереж

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальним струмом з врахуванням післяаварійних режимів в період ремонту та можливих нерівномірностей розповсюдження струму між лініями та секціями шин [5]:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мер}$$

$$I_{ном.в} \geq I_{MAX.}$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок струмів для нормального та післяаварійного режимів живлячої лінії 10 кВ, А:

$$I_{Pi} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} = \frac{1393.7}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 40.212 \quad (2.90)$$

$$I_{MAX} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1393.7}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80.425 \quad (2.91)$$

Для встановлення на стороні 10 кВ виберемо маломасляні вимикачі типу ВВЭ-10-630-20УЗ:

$$U_{НОМ.В} = 10(\text{кВ}) = U_{НОМ.С} = 10(\text{кВ})$$

$$I_{НОМ В} = 630(\text{А}) > I_{MAX} = 80,425(\text{А})$$

Визначимо струм приєднання, А:

1) ЦРП - ТП1:

$$I_P = \frac{S_{РТП1}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} = \frac{889.77}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 25.68 \quad (2.93)$$

$$I_{MAX} = \frac{1.4 \cdot S_{НОМ.ТР.}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1.4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,9 \quad (2.94)$$

2) ЦРП-ТП2:

$$I_P = \frac{S_{РТП2}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 2} = \frac{663.05}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 19.14 \quad (2.95)$$

$$I_{MAX} = \frac{1.4 \cdot S_{НОМ.ТР.}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{1.4 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 32.32 \quad (2.96)$$

Для встановлення вимикачів на приєднаннях вибираємо вимикачі типу ВВЭ-10-630-20УЗ.

Згідно з ГОСТ-967-78 високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також по термічній стійкості до дії струмів К.З.

Так, як $\tau > 90$ мс, то приймаємо $\beta_H = 0$. Умови вибору та порівняння даних приведені в таблиці 2.10.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.10 – Перевірка вимикачів на комутаційну здатність

Умови вибору	Дані ввімкнення	Розрахункові дані
$I_{\text{НОМВІДК}} \geq I_{\text{К.З}}$	$I_{\text{НОМВІДК}} = 20 \text{ кА}$	$I_{\text{К.З}} = 1,3 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМВІДК}} \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{К.З}} + i_{\text{Ат}}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{НОМВІДК}} = \sqrt{2} \cdot 20 = 28,3 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{\text{К.З}} + i_{\text{Ат}} = \sqrt{2} \cdot 1,3 + 0,04 = 1,879 \text{ кА}$
$i_{\text{ДИН}} \geq i_{\text{УД}}$	$i_{\text{ДИН}} = 52 \text{ кА}$	$i_{\text{УД}} = 2,637 \text{ кА}$
$I_{\text{ДИН}} \geq I_{\text{К.З}}$	$I_{\text{ДИН}} = 20 \text{ кА}$	$I_{\text{К.З}} = 1,3 \text{ кА}$
$I_{\text{м}}^2 \cdot t_{\text{м}} \geq B_{\text{К}}$	$20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2\text{с}$	$B_{\text{К}} = 2,758 \text{ кА}^2\text{с}$

По даним порівняння та вибору ми переконались, що даний тип вимикача може бути використаний для встановлення на ЦРП.

Вибір та перевірка роз'єднувача.

Вибір роз'єднувача обмежується визначенням необхідних робочих параметрів:

- по напрузі $U_{\text{ВСТ}} \geq U_{\text{НОМ}}$
- по тривалому струмі $I_{\text{НОРМ}} \geq I_{\text{НОМ}}$
- по електродинамічній стійкості $i_{\text{УД}} > i_{\text{ДИН}}$
- по термічній стійкості $B_{\text{К}} = I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}}$

Розрахунок та каталожні дані необхідні для вибору роз'єднувача приведені в таблиці 2.11. Вибираємо роз'єднувач по струму максимальної потужності при з'єднаннях.

Таблиця 2.11 – Каталожні та розрахункові дані роз'єднувача

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{ВСТ}} \geq 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{НОМ}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{МАХ}} = 80,425 \text{ А}$	$I_{\text{НОМ}} = 200 \text{ А}$
$i_{\text{УД}} = 2,637 \text{ кА}$	$I_{\text{ДИН}} = 15,75 \text{ кА}$
$B_{\text{К}} = 5,758 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{ТЕР}}^2 \cdot t_{\text{ТЕР}} = 6,3^2 \cdot 4 = 158 (\text{кА}^2\text{с})$

Приймаємо для встановлення роз'єднувач типу РЛДз-10/200.

Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму призначені для зменшення первинного струму до значення, найбільш придатного для приладів, якими ми вимірюємо та для реле, а також для відокремлення ланцюгів вимірювання та захисту від первинних ланцюгів високої напруги.

Усі трансформатори струму перевіряються за такими умовами [5]:

- за напругою: $U_{вст} < U_{ном}$
- за струмом : $I_{маx} \leq I_{1ном}$
- за електродинамічною стійкістю: $I_{дин} \leq I_y$
- за термічною стійкістю: $B_K \leq I_{терм} \cdot t_{терм}$
- за вторинною напругою: $Z_2 \leq Z_{ном}$

Зведемо в таблицю 2.13 вторинні навантаження трансформаторів струму.

Таблиця 2.12 – Вторинні навантаження трансформаторів струму

Прилади	Тип	Навантаження фаз		
		А	В	С
Ватметр	Д-355	0,5	—	0,5
Ватметр	Д-355	0,5	—	0,5
Лічильник акт. енергії	САЗ-И680	2,5	—	2,5
Амперметр реєструючий	Н-344	—	10	—
Ватметр реєструючий	Н-348	10	—	10
Усього		13,5	10	13,5

Виходячи з таблиці ми бачимо, що найбільш завантаженими фазами є фази А та С.

Розрахуємо струм найважчого режиму, кА:

$$I_{MAX} = \frac{S_p^{\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot 0.95} = \frac{1393,7}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0.95} = 84,7 \quad (2.97)$$

де S_p^{Σ} - повна розрахункова потужність заводу в цілому, кВА;

U_H - номінальна напруга мережі, кВ.

Загальний опір приладів, Ом:

$$R_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{пр}}}{I_{2\text{н}}^2} = \frac{13.5}{5^2} \cdot 0.54 \quad (2.98)$$

де $S_{\text{пр}}$ - потужність, яку споживають прилади;
 $I_{2\text{н}}^2$ - вторинний номінальний струм приладу, А.

Опір контакторів приймаємо рівним 0,1 Ом, так як в схему приєднань приладів входе більше ніж два прилади.

Схема приєднання приладів зображена на Рисунку 2.13.

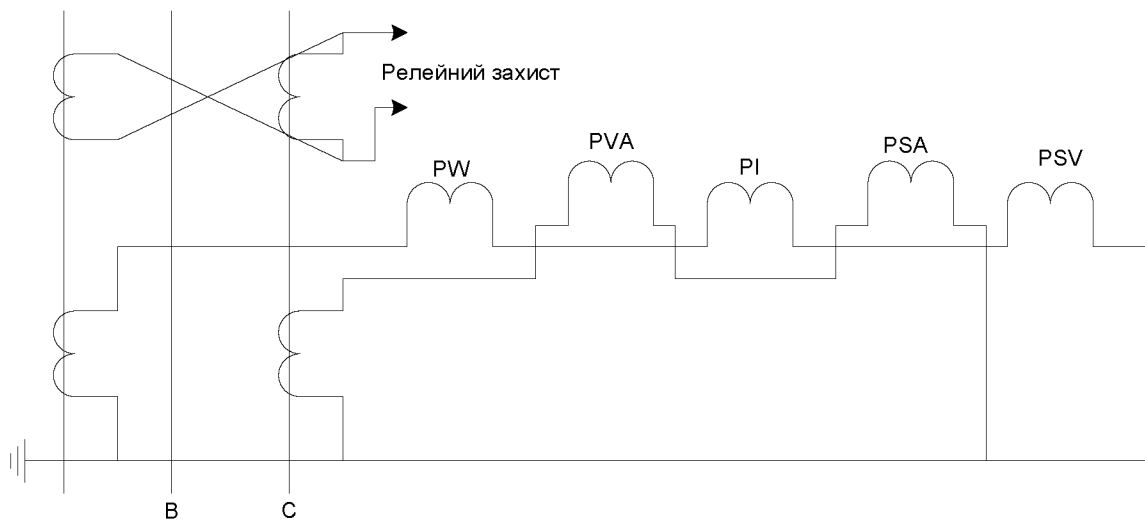


Рисунок 2.13 –Схема приєднання приладів

Опір провідників, Ом:

$$R_{\text{пров}} = Z_{2\text{ном}} - R_{\text{пр}} - R_{\text{к}} = 1.2 - 0.1 - 0.54 = 0.56 \text{ (Ом)} \quad (2.99)$$

де $Z_{2\text{ном}}$ - вторинне навантаження трансформатора струму, Ом; Знаючи $R_{\text{пр}}$, знаходимо переріз з'єднань провідників, мм²:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{розр}}}{R_{\text{приб}}} = \frac{0.0283 \cdot 3.464}{0.56} = 2 \text{ мм}^2 \quad (2.100)$$

де ρ - питомий опір матеріалу проводу, в зв'язку з тим, що в нас мережа напругою 10 кВ, то у вторинних ланцюгах використовуємо проводи з алюмінієвими жилами.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$I_{розр}$ - розрахункова довжина, яка залежить від схеми з'єднання ТС (неповна зірка), то в даному випадку розраховується за формулою:

$$l_{розр} = \sqrt{3 \cdot l} = \sqrt{3 \cdot 4} = 3.464 \text{ (м)} \quad (2.101)$$

де l - довжина з'єднувальних проводів, вибираємо за [8] для лінії 10 кВ, що дорівнює 4м.

У відповідності з ПУЕ, вибираємо з'єднувальні провoda – багатожильний контрольний кабель марки: АКРВГ перерізом 2.5 мм².

Вторинне навантаження трансформатора струму, Ом:

$$Z_2 = \frac{\rho \cdot l}{S} + R_k + R_{приб} = \frac{0.0283 \cdot 4}{2.5} + 0.1 + 0.54 = 1 \text{ (Ом)} \quad (2.102)$$

За проведеними вище розрахунками виберемо трансформатори струму типу: ТПЛ-1 0-100-0.5/ Р.

Дані вибору та перевірки зводимо в таблицю 2.13.

Таблиця 2.13 – Дані вибору та перевірки трансформатора струму

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{вст} \leq U_{ном}$	$U_{вст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$I_{max} \leq I_{1ном}$	$I_{max} = 84,7 \text{ А}$	$I_{1ном} = 100 \text{ А}$
$I_{дин} > I_y$	$i_y = 2,679 \text{ кА}$	$I_{дин} = 17,5 \text{ кА},$
$B_K \leq I_{терм} \cdot t_{терм}$	$B_K = 2,785$	$I_{терм} \cdot t_{терм} = 14.1^2 \cdot 3 = 596.4$
$Z_2 \leq Z_{ном}$	$Z_2 = 1 \text{ (Ом)}$	$Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$

Вибір трансформаторів напруги.

Трансформатор напруги призначений для зниження високої напруги до стандартного значення 100 або $100/\sqrt{3}$, та для відокремлення ланцюгів вимірювання від первинних ланцюгів високої напруги. Первинна обмотка тр-ра напруги ввімкнена на напругу мережі, а до вторинної обмотки приєднані паралельно котушки вимірювальних приладів та реле.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

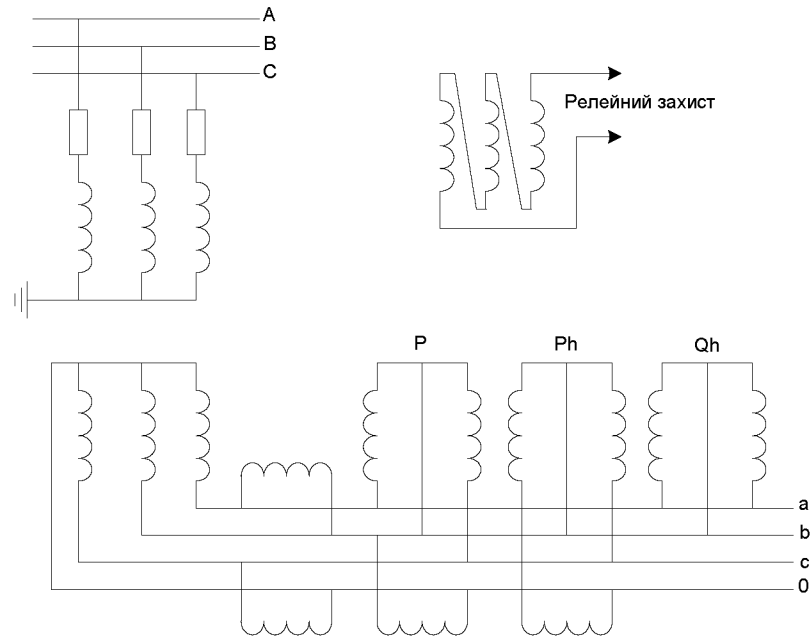


Рисунок 2.14 – Схема приєднання приладів до трансформатора напруги

Для підключення лічильників потрібен трансформатор напруги типу НТМИ з класом точності 0,5.

Трансформатор напруги вибираємо за такими умовами [5]:

- за напругою: $U_{вст} \leq U_{ном}$
- за конструкцією та схемою з'єднання обмоток;
- за класом точності;
- за вторинним навантаженням: $S_{2\Sigma} < S_{2ном}$.

де $S_{2ном}$ - номінальна потужність в вибраному класі точності, при цьому потрібно мати на увазі, що для однофазних тр-рів, з'єднаних в зірку, потрібно брати сумарну потужність усіх фаз;

$S_{2\Sigma}$ - навантаження на всіх вимірювальних приладах та реле, приєднаних до тр-ра напруги. Вторинне навантаження тр-ра напруги.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.14 – Вторинні навантаження трансформаторів напруги

Прилад	Тип	Потужн. однієї обмотки	Кількість обмоток	sinφ	cosφ	Кількість приладів	Загальна потужність.	
							P, Вт	Q, Вт
Ватметр	Д-355	2	1	0	1	1	2	—
Варметр	Д-355	1.5	2	0	1	2	6	—
Лічильник акт. енергії	И-680	2	2	0,93	0,38	1	4	9,7
Лічильник реакт. енергії	И-673	3	2	0,93	0,38	1	4	9,7
Всього							16	9,7

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{16^2 + 19.4^2} = 25.2 \text{ (ВА)} \quad (2.107)$$

Вторинне навантаження тр-ра напруги, ВА: Вибираємо за [8] тр-тор напруги типу: НТМИ-10. Данні вибору приведені в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Данні вибору трансформатора напруги

Умови вибору	Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{вст} \leq U_{ном}$	$U_{вст} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
Клас точності (за ПУЕ)	0,5	0,5
$S_{2\Sigma} < S_{2ном}$	$S_{2\Sigma} = 25,2$	$S_{2ном} = 3 \cdot 120 = 360$

2.7 Вибір РЗ та розрахунок уставок захисту

Захист кабельних ліній

Електропостачання заводу, що проектується, виконується по двом паралельним повітряним лініям (ПЛ) 10 кВ. Для селективного відключення пошкодженої лінії, використовують максимальний струмовий направлений захист, який встановлюється на кінцях паралельних ліній (рис. 2.15)

При виникненні короткого замикання на одній з ПЛ, напрямлення струму КЗ цієї лінії співпадає з напрямленням дії направленої захисту 1, що забезпечує швидке відключення пошкодженої лінії з кінця, а потім каскадне із сторони живлення.

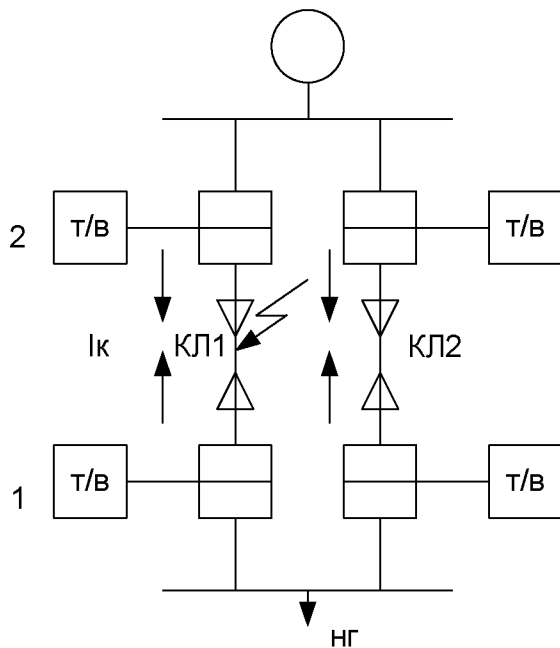


Рисунок 2.15

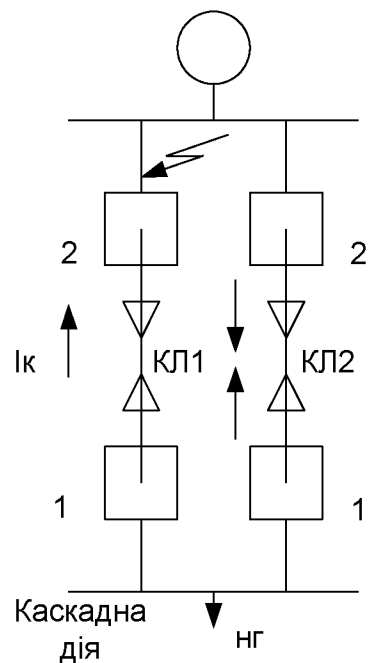


Рисунок 2.16

Можлива каскадна дія направленої захисту, якщо коротке замикання відбувається поблизу живлячої підстанції (рис. 2.16).

Направлений захист виконаний на змінному оперативному струмі, схема захисту представлена на рис. 2.17. В якості пускових реле, встановлених в цій схемі, використовуємо реле типу РТ-80. В цьому захисті не потребується окремих реле часу. Можна встановити відсічку, яка буде спрацьовувати при близьких КЗ миттєво.

Схема, яка пояснює відключення КЗ максимальними струмовими захистами паралельних ПЛ:

- при КЗ на середині однієї з ліній;
- при КЗ близьке від джерела живлення.

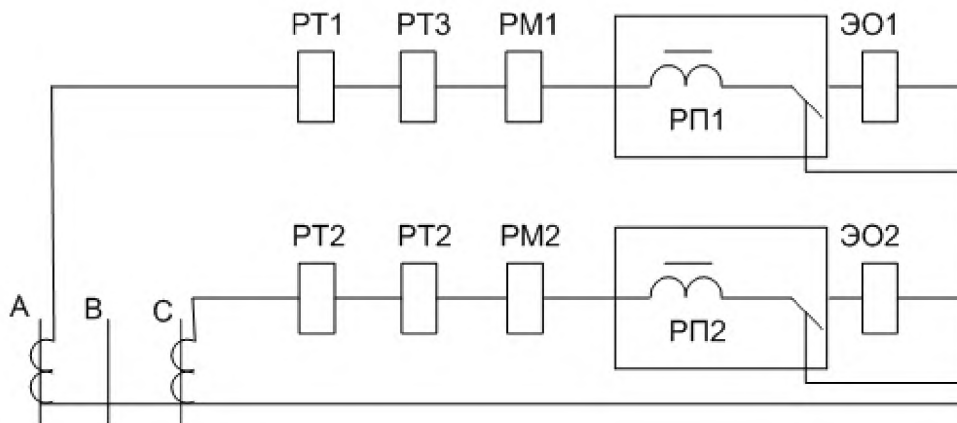


Рисунок 2.17 – Схема струмових ланцюгів струмового направленного захисту з допоміжною ступеню

PT1, PT2 – реле струмове, типу РТ-80 направленного захисту;

PT3, PT4 – реле струмове, типу РТ-80 направленного захисту;

PM1, PM2 – струмові обмотки реле направленої потужності;

РП1, РП2 – проміжне реле типу РП-3413;

ЭО 1, ЭО2 – електромагніти відключення вимикача.

Недоліком направленного захисту є існування "мертвої зони" при близьких трифазних КЗ, коли напруга падає до нуля і обертальний момент реле РМ1, РМ2 також дорівнює нулю. Але при встановленні тепер існуючих реле направлення потужності типу РБМ-171, яке має високу чуттєвість, довжина "мертвої зони" лише декілька процентів від довжини лінії. Уставки направлених захистів паралельних ПЛ повинні забезпечувати не спрацювання цих захистів при КЗ в живлячій мережі, коли по ПЛ можуть проходити достатньо великі струми, які генеруються двигунами навантаження. На підприємстві струми, які генерують двигуни, швидко затухають, тому направлений струмовий захист виконують з витримкою 0,3-0,5 хв., що забезпечує її відстройку від великих струмів КЗ.

Згідно з ПУЕ, для тр-рів повинні бути передбачені пристрої РЗ від:

- багатозфазних КЗ в обмотках та на виводах;
- однофазні КЗ на землю в обмотках та на виводах, приєднаних до мережі з глухо заземленою нейтраллю;
- виткових замикань в обмотках;

- однофазних замикань на землю в мережах 0,35-10 кВ;
- струмів в обмотках, обумовлених зовнішнім КЗ;
- струмів в обмотках від перевантаження;
- зниження рівню мастила.

1) розрахунок параметрів спрацювання МТЗ. Розрахунок зводиться до вибору:

- струм спрацювання захисту:

$$I_{C.3} \geq \frac{K_H \cdot K_{C.3,П}}{K_B} \cdot I_{роб.мах} \quad (2.103)$$

де K_H – коефіцієнт надійності, який враховує погрішності реле та необхідний запас, $K_H=1.2-1.15$;

K_B – коефіцієнт повернення (відношення струму повернення до струму спрацювання реле) дорівнює 0,85

$K_{C3П}$ – коефіцієнт самозапуску, рівний 2,7;

$I_{роб.мах}$ – мах робочий струм, $I_{роб.мах} = 1,3-1,4$ від $I_{ном}$.

Для відстройки від струму перевантаження при дії АВР тр-тів, в результаті чого до працюючого з навантаженням тр-ру Т1 підключається навантаження гальмівного характеру Н2, тр-ра Т2, який відімкнувся. Струм спрацювання МСЗ Т1, вибирається за виразом:

$$I_{C.3} \geq \frac{K_H}{K_B} (K_{C3П} \cdot I_{роб.мах.тр2}); \quad (2.104)$$

де K_H – коефіцієнт, який враховує збільшення струму через тр-тор Т1, так як знижується напруга на шинах НН, при підключенні до нього після спрацювання АВР загальмованих двигунів, які раніше жилились від тр-ра Т2, дорівнює 1.5-1.6.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

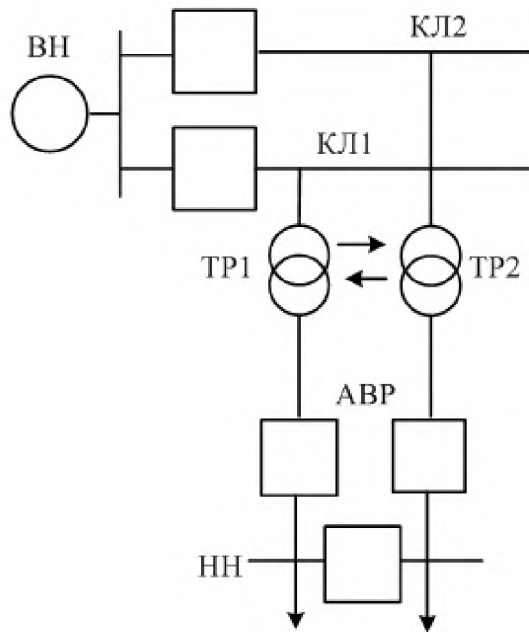


Рисунок 2.18 – Розрахункова схема двотрансформаторної підстанції з АВР на стороні НН

Чутливість МСЗ оцінюється коефіцієнтом чуттєвості:

$$K_{\text{ч}} = \frac{K_{\text{сх}} \cdot I_{\text{р.мін}}}{I_{\text{с.з}} \cdot K_{\text{т.т}}} = \frac{K_{\text{с.х}} \cdot I_{\text{к}}^{(3)}}{I_{\text{с.з}} \cdot K_{\text{т.т}}} \cdot K_{\text{ч}} \quad (2.105)$$

де $I_{\text{р.мін}}$ - мінімальне значення первинного струму К.З. за тр-ром, кА.

Струм спрацювання реле:

$$I_{\text{с}} = \frac{I_{\text{с.з}} \cdot K_{\text{с.х}}}{K_{\text{т.т}}} \quad (2.106)$$

де $K_{\text{т.т}}$ - коефіцієнт трансформації тр-ра струму [11];

$K_{\text{сх}}$ - коефіцієнт схеми, який дорівнює в даному випадку $\sqrt{3}$.

Всі розрахунки зводимо в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Результати розрахунків МСЗ

$S_{\text{ном.тр}}$, кВА	$I_{\text{р.мах}}$, А	$I_{\text{с.з}}$, А	$I_{\text{с.р}}$, А	$I_{\text{к}}^{(3)}$, кА	$K_{\text{ч}}$
630	66,7	254,25	2,2	1,3	2,4

Значення коефіцієнту чутливості для тр-рів з НН 0,23-0,4 кВ дорівнює або більший 2 [11].

Вибраність захисту забезпечується вибором витримки часу за умовою:

$$t_2 = t_1 + \Delta t$$

де t_2 - витримка часу захисту, яка розміщена ближче до джерела живлення в зрівнянні з захистом, який має витримку часу t_1 .

Δt - ступінь вибраності захисту, дорівнює 0,6 - 1 .

На рис. 2.19 приведена схема захисту цехових тр-рів при встановленні на стороні ВН високовольтних вимикачів, захист виконано з реле непрямої дії типу РТ-85/1 з залежною характеристикою

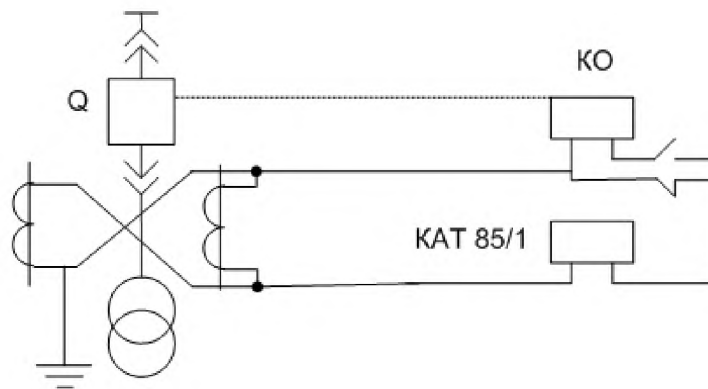


Рисунок 2.19 – Схема захисту цехових трансформаторів.

Використання пристроїв автоматики.

Автоматичні вимикачі резерву повинні передбачатись для усіх відгалужень приймача.

На підприємстві, яке ми реконструюємо, безперервність електрозабезпечення може бути забезпечена, якщо приймачі підключені до джерела живлення двома лініями. При цьому передбачено, що джерела працюють окремо – кожний на частину навантаження приймачів. Порушення електроживлення однієї з частин приймачів відновлюється шляхом дії АВР, який вмикає розімкнуті секційні вимикачі на шинах підстанцій. Живлення приймачів при цьому перемикається на одну лінію (тр-тор), рис. 2.20.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

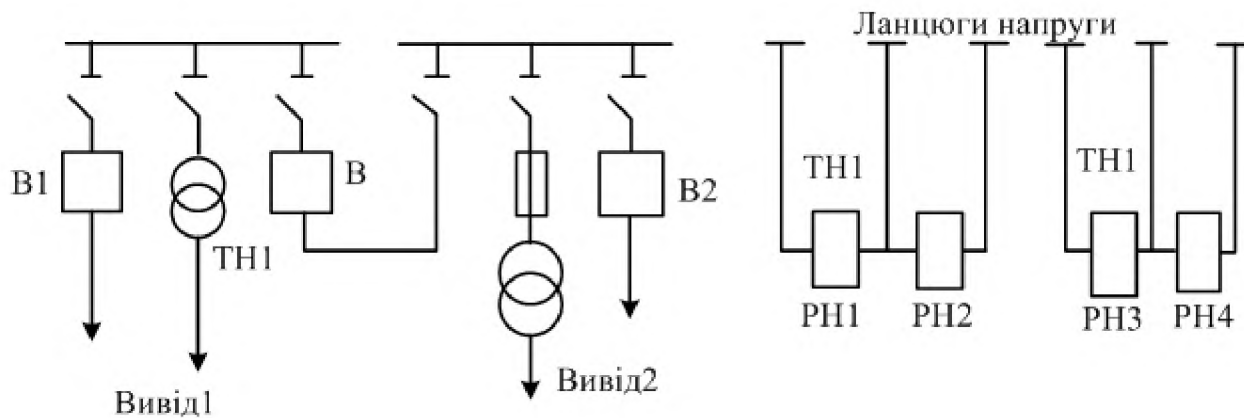


Рисунок 2.20 – Схема живлення

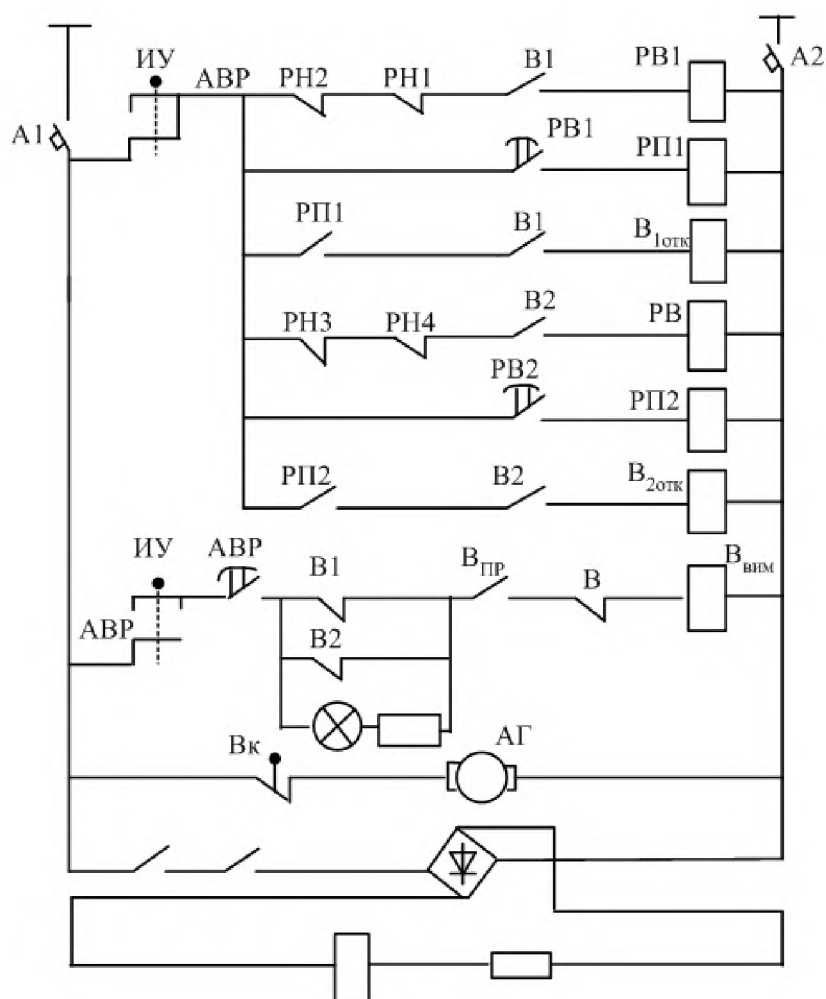


Рисунок 2.21 – Схема АВР з секційним вимикачем та пружинним приводом

3 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ЕЛЕКТРОЗБЕРЕЖЕННЯ

3.1 Нормування електроспоживання

Електроенергобаланс є базою для вдосконалення нормування енергоспоживання. Нормування енергоспоживання – один з основних факторів визначального проведення енергозберігаючої політики і її ефективності на підприємстві, але стан справ у цьому питанні ще дуже далеко від досконалості. Пояснюється це багатьма факторами (у числі головних – в ідсутність достовірної і повної інформації про режими енергоспоживання) показників, що ускладнюють правильне визначення, нормування і труднощами суб'єктивного характеру. Це приводить до завищення питомих норм енергоспоживання й відповідно до відсутності реальної економії електроенергії, що неприпустимо в нинішніх економічних умовах.

Нормування як економічний фактор раціонального енергоспоживання на підприємстві необхідно розглядати в наступних основних напрямках: Нормування енергоспоживання – інструмент планування випуску необхідної кількості продукції. Питоме енергоспоживання – показник ефективності використання електроенергії з метою проведення оцінки якості роботи з економії й раціонального використання електроенергії. Але необхідно завжди мати на увазі, що визначення питомої норми енергоспоживання можливо тільки при зробленому (автоматизованому) обліку й автоматичному контролі енергоспоживання, в протилежному випадку, – вся робота з нормування втрачає практичний зміст.

Планування й керування режимами електроспоживання необхідно проводити, використовуючи й аналізуючи графіки електричних навантажень. Добові графіки навантажень дозволяють проводити аналіз режимів роботи електроустаткування підприємства за минулий і наступний періоди регулювання режиму, а також розробляти заходи щодо оптимізації режимів енергоспоживання. Графіки навантажень використовуються для визначення заявленої потужності в години добових максимумів навантаження для планування й лімітування енергоспоживання.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для надійного обліку й контролю витрат електроенергії, як правило, необхідне вдосконалювання схем внутрішньовиробничого електропостачання.

3.2 Методи та засоби енергозбереження

На сьогодні значне місце в електропостачанні займає енергозбереження, адже від раціонального використання електроенергії забезпечується економія та заощадження коштів. Енергозбереження включає дуже велику різноманітність способів економії електроенергії (контроль графіків навантажень підприємств, заводів; використання нового удосконаленого обладнання, схем включення, раціонального розподілення електроенергії, і. т. д.).

Оптимальне завантаження трансформаторів.

При наявності деякого запасу по встановленій потужності трансформаторів у порівнянні з потужністю споживачів, оптимізація кількості включених трансформаторів може стати складним завданням. Оскільки втрати в трансформаторах складаються головним чином із втрат у магнітній системі (постійна величина) і втрат в обмотках (пропорційні квадрату струму), сумарні втрати складним чином залежать від підключеного навантаження. При наявності електроаналізатора й деякої кількості часу, оптимізацію можна провести дослідним шляхом. Звичайно комерційний облік на підприємстві ведеться по високій стороні. У цьому випадку електроаналізатор підключається по низькій стороні та з його допомогою проводиться запис добового графіка потужності й сумарного споживання активної енергії (назвемо її корисною енергією, E_p). За ту ж добу визначається кількість спожитої енергії по комерційних лічильниках E_k . Відношення двох величин визначить коефіцієнт «корисності» $K_p = E_p / E_k$. Такі виміри проводяться при всіх можливих комбінаціях підключених трансформаторів. Найбільша величина K_p покаже оптимальне завантаження трансформаторів. Для більшої вірності результату краще провести кілька вимірів в однакових умовах і набрати статистику. Порівняння K_p допускається тільки при однакових характерах добових графіків навантаження. Якщо є кілька різних характерних графіків, то оптимізація проводиться для кожного з них. Варто

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розуміти, що Кп може відрізнятись від ККД трансформатора через систематичні погрішності електроаналізатора й системи обліку. На практиці можна навіть одержати значення більше 1. Однак кінцевий результат оптимізації однаково залишається правильним, тому що систематичні похибки в кожному вимірі однакові.

3.3 Компенсація реактивної потужності

Легко оцінити економічний ефект від компенсації реактивної потужності, коли споживач платить за неї по встановленому тарифі. Однак навіть у випадку відсутності прямої плати за реактивну енергію компенсація може бути досить корисним заходом для наступних причин:

- зниження втрат активної енергії в мережах і трансформаторах;
- зменшення необхідної потужності трансформаторів і перетину кабелів;
- поліпшення якості електроенергії за рахунок фільтрації гармонік й імпульсних перешкод.

Обстеження за допомогою електроаналізатора дозволяє зробити правильний вибір схеми компенсації реактивної потужності. Спочатку електроаналізатор встановлюється на трансформаторній підстанції для запису графіка сумарної реактивної потужності. Допускається підключення електроаналізатора до точок комерційного обліку по високій або низькій напрузі.

Приймається рішення про розміщення КУ на низькій стороні цехових ТП.

Мета даного розрахунку вибрати потужність БСК в вузлах споживання, тобто керуючими змінними будуть потужності БСК. Доступною областю значень $X_{\text{дос}}$ має бути множина стандартних потужностей БСК.

Загальна математична модель задачі оптимальної КРН

Керовані змінні: потужність БК у вузлах навантаження.

$$q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn}).$$

Показник ефективності Z – річні приведені затрати.

$$Z(q_k) = Z_{\text{п}}(q_k) + Z_{\text{к}}(q_k); \quad (3.1)$$

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Z_{\Pi}(q_K) = \sum_{i=1}^m \frac{(q_i - q_{ki})^2}{U_n^2} \cdot r_{0i} \cdot L_i \cdot B_0; \quad (3.2)$$

$$Z_K(q_K) = (E_e + E_a) \cdot K_K(q_K) + B_{BK}(q_K) = (E_e + E_a) \cdot B_{K0} \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} + t \cdot \tau \cdot \Delta P_K \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki}; \quad (3.3)$$

$$B_0 = t \cdot \tau. \quad (3.4)$$

$$Z(q_K) = \frac{t \cdot \tau}{U_n^2} \sum_{i=1}^m (q_i - q_{ki})^2 \cdot r_{0i} \cdot L_i + ((E_e + E_a) \cdot B_{K0} + t \cdot \tau \cdot \Delta P_K) \cdot \sum_{i=1}^n q_{ki} \rightarrow \min_{q_K}; \quad (3.5)$$

Обмеження на керовані змінні

$$q_{ki} \geq 0, i = 1, \dots, n;$$

$$\sum_{i=1}^n q_{ni} - \sum_{i=1}^n q_{ki} = Q_{вх} - \text{для випадку балансової задачі КРН}. \quad (3.6)$$

Умовні позначення

n – кількість вузлів навантаження;

m – кількість віток мережі;

E_e – норматив ефективності капіталовкладень;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

B_{K0} – питома вартість компенсувальних установок (КУ);

B_0 – питома вартість втрат активної потужності;

ΔP_K – питомі втрати активної потужності в КУ;

r_{0i} – питомий активний опір i -тої вітки мережі;

L_i – довжина i -тої вітки мережі;

q_i – сума реактивн. навантажень, які отримують живлення через i -ту вітку мережі;

q_{ki} – сума потужностей КУ тих вузлів мережі, які отримують живлення через i -ту вітку мережі;

Оскільки всі ЦТП заводу двотрансформаторні, а навантаження всіх ЦТП симетрично розподілене між двома секціями шин НН ЦРП, то складемо схему заміщення для розрахунку економічної задачі КРН на окрему секцію шин НН ЦРП та окрему зовнішню лінію живлення. Інша секція шин та лінія живлення буде мати таку ж схему та навантаження.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дану задачу будемо вирішувати з допомогою математичного САПР MathCad.

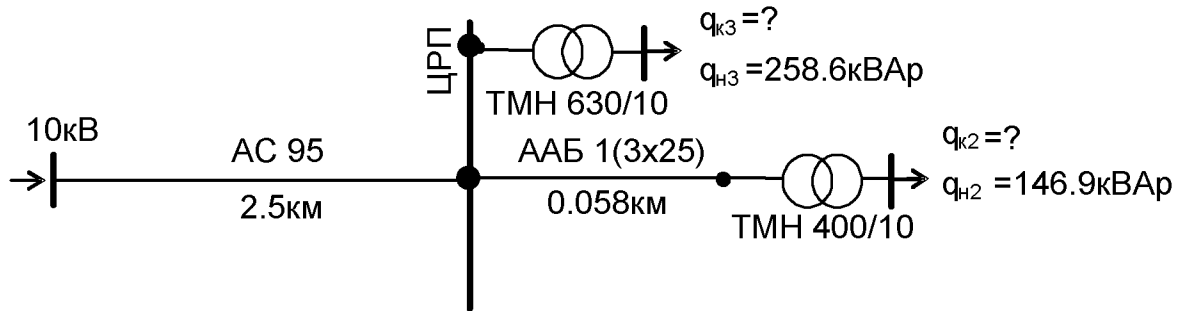


Рисунок 3.1 – Схема мережі

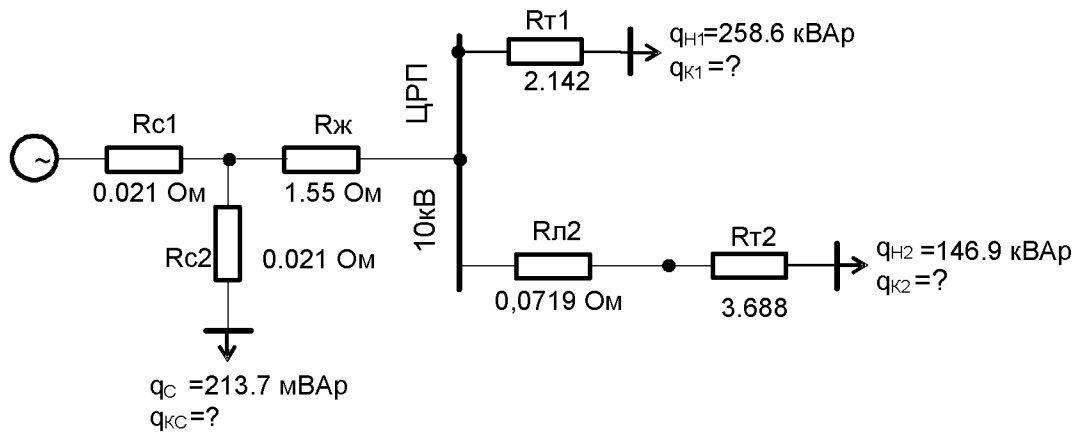


Рисунок 3.2 – Схема заміщення мережі

$U \equiv 10$ - напруга мережі кВ.

$B_o \equiv 621.7$ - питома вартість втрат потужності та енергії, грн/кВт.

$B_{\hat{e}} \equiv 120$ - питома вартість КП, грн/квар.

$\Delta P_{\hat{e}} \equiv 4.5$ - питомі втрати активної потужності в КП, кВт/Мвар.

$E \equiv 0.166$ - сумарний коефіцієнт відрахувань від капіталовкладень.

Активні опори елементів мережі (Ом):

$R_c \equiv 0.021$ - еквівалентний опір системи (приведений до напруги 10кВ);

$R_{ж} \equiv 1.55$ - опір живлячої лінії;

$R_{Л1} \equiv 0.0$ - опір КЛ від ЦРП до ТП1;

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

$R_{r2} \equiv 0.0719$ - опір КЛ від ЦРП до ТП2;

$R_{r1} \equiv 2.142$ - опір цехових тр-рів ТП1;

$R_{r2} \equiv 3.688$ - опір цехових тр-рів ТП2.

Реактивні потужності (квар):

$q_c \equiv 213700$ - реактивна потужність системи;

$q_{вх} \equiv 170$ - вхідна реактивна потужність;

$q_{н1} \equiv 258.6$ - реактивна потужність ТП1;

$q_{н2} \equiv 146.9$ - реактивна потужність ТП2.

Отриманий розв'язок економічної задачі КРН з урахуванням системи дозволяє визначити потужності та місця розташування КУ.

Остаточне проектне рішення про потужності КУ на одну секцію шин ЦТП приймаємо на основі отриманих оптимальних потужностей КУ. Прийняте проектне рішення подане в табл. 3.1:

Таблиця 3.1 – Проектне рішення щодо потужностей КУ

$Q_{к1}$, квар	$Q_{к2}$, квар
60	30

4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

На промислових підприємствах близько 10% використаної електроенергії витрачається на електричне освітлення. Умови штучного освітлення на промислових підприємствах створюють великий вплив на зорову працездатність, фізичний і моральний стан людини, а отже на продуктивність праці, якість продукції і виробничий травматизм.

Проектування освітлювальних установок полягає в розробці світлотехнічного та електричного розділів.

Визначимо необхідну кількість світильників для загального освітлення цеху підігріву бітуму.

Для освітлення приміщення вибираємо настельні світильники ПВЛМ-Р з люмінесцентними лампами TL-D-36 [13].

При розрахунку електричного освітлення цеху підігріву бітуму використовується метод коефіцієнта використання.

Розміри приміщення представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розміри приміщення

Довжина, А (м)	14
Ширина, В (м)	8
Площа, S (м)	109
Висота, h (м)	6

Знаходимо коефіцієнт відображення від стелі, стін та підлоги [10]:
 $p_{\text{п}}=50\%$, $p_{\text{с}}=30\%$, $p_{\text{р}}=10\%$.

Використовуючи табл.[13] визначимо для цеху норму освітленості:
 $E_{\text{н}}=100$ лк.

Розрахункова висота, м:

$$H_{\text{р}} = h - (h_{\text{с}} + h_{\text{р}}) = 6 - (0.8 + 0.4) = 4,8 \text{ (м)} \quad (4.1)$$

де h - висота приміщення даного цеху, м;

$h_{\text{с}}$ - висота звісу світильника, м;

$h_{\text{р}}$ - висота робочої поверхні від підлоги, м.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Індекс приміщення розраховується за формулою [13]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} = \frac{14 \cdot 8}{4.8 \cdot (14 + 8)} = 1.06 \quad (4.2)$$

За знайденим індексом приміщення вибираємо коефіцієнт використання:
 $\eta = 37\%$ [10].

Враховуючи тип світильників, задаємо коефіцієнтом запасу: $k_3 = 1.5$, і коефіцієнту нерівномірності освітлення для люмінесцентних ламп $z = 1.1$.

Визначаємо необхідну кількість світильників Philips TCW060 при розрахунковому світловому потоці люмінесцентних ламп TL-D 36W $\Phi_{л} = 3350$ лм:

$$N_{\text{світ}} = \frac{E_n \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{\Phi_{л} \cdot n \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 109 \cdot 1.5 \cdot 1.1}{3350 \cdot 2 \cdot 0.37} = 7.25 \approx 8 \quad (4.3)$$

де S – площа приміщення, м²;

$\Phi_{л}$ – світловий потік люмінесцентних лампи TL-D 36W, лм;

n – кількість ламп.

Розташуємо світильники в два ряди.

Загальна встановлена потужність світильників в ряду:

$$P_{\text{уст}} = N \cdot n \cdot P_{л} = 4 \cdot 2 \cdot 0.04 = 0.32 \text{ (кВт)} \quad (4.5)$$

де $P_{л}$ – потужність лампи, Вт;

Питома потужність освітлювальної установки:

$$P_{\text{итт}} = P_{\text{уст}} / S = 0.64 / 109 = 6 \text{ Вт/м}^2 \quad (4.6)$$

Споживана потужність з врахуванням ПРА:

$$P_{\text{ро}} = P_{\text{уст}} \cdot k_{\text{но}} \cdot k_{\text{ПРА}} = 0.32 \cdot 0.95 \cdot 1.2 = 0.365 \text{ (кВт)}$$

Визначимо поперечний переріз провідників живлячої лінії М1 та М2; напруга мережі 380/220 В. Втрати напруги в лініях не повинні перевищувати 2,5%.

Для М1 і М2 визначаємо момент навантаження від ЩО до освітлювальної лінії:

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_1 = P_{\Sigma p.o.} \cdot I_M = 0,365 \cdot (6 + 0,9) = 2,518 \text{ (кВт}\cdot\text{м)} \quad (4.5)$$

$$M_2 = P_{\Sigma p.o.} \cdot I_M = 0,365 \cdot (6 + 5,1) = 4,05 \text{ (кВт}\cdot\text{м)}$$

Визначимо момент навантаження від ЦТП до ЩО:

$$M_{\text{цтп-що}} = P_{\Sigma p.o.} \cdot I_M = 0,32 \cdot 2 \cdot 5 = 3,2 \text{ (кВт}\cdot\text{м)}$$

Визначаємо коефіцієнт С:

С = 44 для 4-ох провідного алюмінієвого проводу мережі 380/220 В.

Розрахуємо переріз проводу до освітлювальних ліній:

$$S_{\text{розр1}} = \frac{M_M}{C \cdot \Delta U_{\text{ж.м.}}} = \frac{2,518}{44 \cdot 2,5} = 0,023 \approx 2,5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

$$S_{\text{розр2}} = \frac{M_M}{C \cdot \Delta U_{\text{ж.м.}}} = \frac{4,05}{44 \cdot 2,5} = 0,036 \approx 2,5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Розраховуємо переріз проводу для ЩО:

$$S_{\text{розр}} = \frac{M_M}{C \cdot \Delta U_{\text{ж.м.}}} = \frac{3,2}{44 \cdot 1} = 0,073 \approx 2,5 \text{ (мм}^2\text{)} \quad (4.6)$$

Так як мінімальний переріз алюмінієвого проводу 2,5 мм², то приймаємо провід АПВ 4х2,5.

Фактичне значення втрат напруги:

$$\Delta U_1 = \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{S_{\text{розр}}}{S} = 2,5 \cdot \frac{0,023}{2,5} = 0,023 \text{ \%}$$

$$\Delta U_2 = \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{S_{\text{розр}}}{S} = 2,5 \cdot \frac{0,036}{2,5} = 0,036 \text{ \%}$$

$$\Delta U_{\text{що}} = \Delta U_{\text{доп}} \cdot \frac{S_{\text{розр}}}{S} = 1 \cdot \frac{0,073}{2,5} = 0,03 \text{ \%}$$

Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Вибір перерізів живлячих ліній

	Л1	Л2	ЩО
Переріз S, мм ²	2,5	2,5	2,5
Фактичні втрати напруги, ΔU, %	0,023	0,036	0,03

Схема робочого та аварійного освітлення цеху підігріву бітуму, що розраховувалась, зображена на рисунку (4.1).

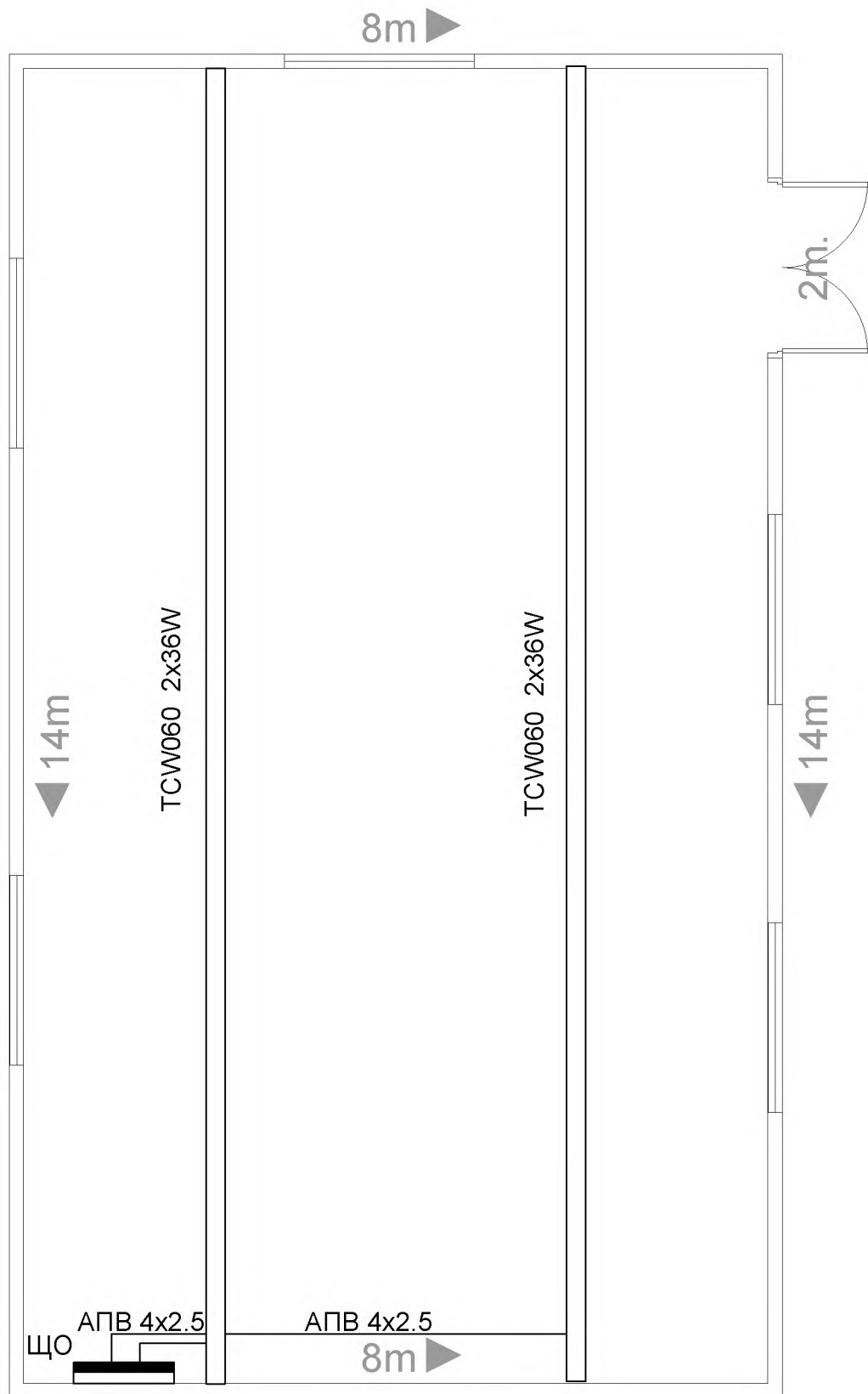


Рисунок 4.1 – Схема освітлення цеху

					МР 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

На сьогоднішній день, в умовах розвитку технологій та обладнання, охорона праці відіграє дуже важливу роль. Адже з виникненням нових технологій і, відповідно, нових приладів та пристроїв, підвищується ймовірність небезпечних ситуацій, а отже, збільшується кількість нещасних випадків.

Внаслідок незадовільного стану охорони праці, виникають різні неприємні наслідки – травми, опіки, калітства, нерідко – смертельні випадки. Щоб уникнути вищеперерахованих наслідків, необхідно дотримуватись всіх правил, ГОСТ які вимагаються; постійно контролювати і перевіряти знання з охорони праці всіх працівників підприємств.

Бітумна база представляє собою підприємство з різними параметрами електроенергії, умовами експлуатації обладнання та характером середовища, в якому воно встановлено.

В цехах передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці. Усі металічні не струмоведучі частини (корпуса електродвигунів, шкафів, світильників тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок ураження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

У цеху підігріву бітуму за прийнятою класифікацією [15] є фізичні та хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

До фізичних факторів відносяться:

- підвищена або знижена температура поверхонь устаткування, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- відсутність або недолік природного світла;

До хімічних факторів відносяться шкідливі для організму людини речовини:

- токсичні, які проникають через органи дихання (пари бітуму);

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Технічні рішення з електробезпеки.

Вихідні дані:

Тип електромережі: трифазна, 4-ри провідна з ізольованою нейтраллю.

Величина напруги 380×220В.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки;
- Підвод кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні споживачів струму від мережі 3-ри провідної 3-и фазної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ, фази. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Роботи в електроустановках по відношенню до їх організації поділяються на: роботи, що виконуються по наряді-допуску (далі по наряді), та роботи які виконуються по розпорядженню та в порядку поточної експлуатації.

Організаційними заходами, які забезпечують безпечність робіт в електроустановках, є:

- підтвердження переліку робіт, які виконуються по нарядах, розпорядженням та в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних за безпеку виконання (введення) робіт;
- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або переліку робіт, які виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до робіт;
- догляд під час ведення робіт;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічними заходами, які забезпечують безпеку робіт в електроустановках є:

- порядок підготовки робочого міста;
- відключення (зняття напруги);
- вивішування плакатів безпеки. Огородження робочого місця;
- перевірка відсутності напруги;
- установка заземлень.

Загальні вимоги:

- установка заземлювачів в електроустановках підстанцій та в розподільчих пристроях;
- заземлення повітряної лінії електропередач;
- зберігання та врахування заземлень.

Роботи по обслуговуванню електродвигунів.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

При роботі на електродвигуні напругою вище 1000 В або механізму, який він приводить в рух, зв'язаній з доторканням до струмоведучими або обертаючими частинами, з електродвигуна повинна бути знята напруга.

В електроустановках вище 1000 В з кожної сторони, звідки до комутаційних апаратів може бути подана напруга на робоче місце, повинен бути видимий розрив, який створений від'єднанням або зняттям шин та проводів, відключенням роз'єднувачів, зняттям запобіжників, а також відключенням від'єднувачів тз вимикачів навантаження, за винятком тих, у яких автоматичне включенню здійснюється пружинами, встановленими на самих апаратах.

При роботах за межами КРУ на відходячих ПЛІ або КЛІ на підключеному до них обладнанні теліжку з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ".

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При наложенні заземлювачів у шкафах КРУ у випадку роботи на відходячих ПЛі необхідно враховувати слідуєчі вимоги: ПЛі напругою вище 1000 В заземлюються в усіх РУ і у секційних комутаційних апаратах, де відключена лінія.

Якщо дозволяє конструктивне виконання апаратів та характер роботи, перераховані вище міри можуть бути замінені розшиновкою або від'єднанням кінців кабелю проводів від комутаційного апарату або обладнання, на якому повинна проводитись робота.

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автомати невидатного типу, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх зажимах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, сборок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, сборок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

Перед допуском до роботи на електродвигунах насосів, димососів та вентиляторів, якщо можливо обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, повинні бути закриті та заперті на замок засувки цих механізмів, а також прийняті заходи для гальмування ротора електродвигунів.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібне проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

Ремонт і наладку електросхем електроприводів, не з'єднаних з виконуючим механізмом, регулюючих органів та запірної арматури, можна проводити по розпорядженню. Дозвіл на їх випробування дає працівник, який дав розпорядження на вивід електропривода в ремонт, наладку. Про це повинен бути зроблений запис при оформленні розпорядження.

Вмикання електродвигуна для перевірки до повного закінчення роботи проводиться після виводу бригади з робочого місця.

Після випробування проводиться повторний допуск з оформленням в наряді. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [15] встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 5.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень з категорією робіт I б

Період року	Категорія робіт	Температура повітря доп. на роб. місцях	Відносна вологість, %	швидкість руху повітря
		Допустима на роб.місц.	Допустима на роб.місц.	Допустима на роб.місц.
Холодний	I б	20-24	75	не більше 0,2 м/с
Теплий		21-28	55 при 27 °С	0,1-0,3 м/с

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.
2. Якщо температура поверхонь вище або нище оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м.

5.3 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони, регламентується гранично-допустимими концентраціями((ГДК) в мг/м³ .

В умовах, що розглядаються в проекті, можливими забруднювачами можуть бути пари бітуму.

Його ГДК відповідно дорівнюють:	Макс.разова	Середньо-добова
	1,5	0,8

Для забезпечення складу повітря робочої зони, проектом передбачені наступні рішення:

- Застосування вентиляції, що є ефективним засобом нормалізації повітря.

Для холодної пори року будуть використовуватись вентиляційні отвори на висоті 5м (приточні і витяжні). Для теплої пори року в якості приточних отворів можуть слугувати вікна. Це дасть можливість на випадок викиду шкідливої речовини, в відповідності з [15], зменшити концентрацію шкідливої речовини нижче ГДК.

- Застосування кондиціонерів – апарати, які автоматично обробляють повітря, яке подається в приміщення, забезпечуючи оптимальні параметри по температурі, відносній вологості і швидкості руху повітря.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кондиціонер розміщується зі сторони, протилежній фронту обслуговування обладнання. Випаровування, газу, пил, більш важкі за повітря, накопичуються в нижніх зонах приміщення, де і слід розташовувати пристрої.

5.4 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на:

- природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройоми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО(е). КПО – відношення природнього освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО^{III} при природньому та сумісному освітленнях.

Характеристика зорової роботи – загальний нагляд за ходом виробничого цесу: постійне;

Розряд – VIII;

Підрозряд зорової роботи – а;

Контраст об'єкту розпізнавання – незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону – незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Бокове КЕО^{III}, %:

- природне 0,3;

- суміщене 0,2;

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків, розташованих у I-V поясах світлового клімату, визначаються за формулою:

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot C = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,75 = 0,203 \quad (5.1)$$

де e_n^{III} – значення КЕО для будинків, розташованих у III поясі світлового клімату;

m – коефіцієнт світлового клімату для IV поясу- 0,9;

C – коефіцієнт сонячності клімату- 0,75, вікна зорієнтовані на схід.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній

зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання

Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального

освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення – освітлення, яке

створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо

на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75 лк;

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується підвісними світильниками ПВЛМ-Р з люмінесцентними лампами TLD-36.

Очищення вікон і світильників має проводитись на менше 4 разів на рік.

5.5 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \lg (p/p_0) = 20 \lg (U/U_0) \quad (5.2)$$

де L – рівень шуму, дБ;

P – звуковий тиск, Па;

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

U_0 – коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 – нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є [15] «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Шум поділяється на широкополосний та тональний. До тонального відносяться шуми, у спектрі яких є дискретні тони. Тональність шуму встановлюється шляхом вимірів у третьооктавних смугах частот при умові перевищення рівня звукового тиску в одній смузі над сусідніми не менше, ніж на 10 дБ. До широкополосних відносяться шуми з нескінченним спектром і із шириною смуги більш однієї октави.

Також шуми діляться на постійні та непостійні. До постійного відносяться шуми, рівні звуку яких за восьмигодинний робочий день змінюються в часі не більш, ніж на 5 дБА. Непостійні шуми діляться на коливальні в часі, переривчасті та імпульсні. До коливальних шумів відносяться такі рівні звуку, котрих беззупинно змінюються в часі. До переривчастих відносяться шуми, рівні звуку яких змінюються східчасто на 5 дБ та більше; причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень залишається постійним, складає 1с і більше. До імпульсного відносяться шуми, що складаються з одного або декількох звукових сигналів, кожний з яких має тривалість менше 1 с; при цьому рівні звуку, виміряні шумомірами на часових характеристиках «повільно» «імпульс» повинні відрізнятися не менше, ніж на 7 дБ. Всі ці шуми в тій чи іншій мірі спостерігаються на підприємстві (табл. 5.2).

На бітумній базі джерелом шуму є машини, механізми та верстати - механічний шум.

Вплив шуму на людину може визвати різні подразнення, паталогічні зміни, функціональні розлади і механічні пошкодження.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.2 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. А також погіршує точність виконання робочих операцій, ускладнює сприйняття інформації, знижує продуктивність праці, збільшує брак в роботі. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань». Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори. Внутрішні поверхні обшивки облицювати звукопоглинаючими матеріалами.

5.6 Вібрація

Для нормування вібрації за основне джерело візьмемо [15]. По способу передачі вібрація на людину, розрізняють загальну і локальну вібрацію. Загальна передається через опорні поверхні на тіло сидячу чи стоячу людину. Локальна вібрація передається через руки людини.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація діюча на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційна установка, яка відноситься до типу загальної вібрації, а також, вібрації технологічні - сушильних барабанів, транспортера, сушильних машин.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення.			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		м·с ⁻²	дБ	м·с ⁻¹ ·10 ⁻²	дБ
За	Z ₀ , Y ₀ , X ₀	0,1	100	0,2	92

В таблиці 5.4 приведені санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора апаратури, для нашої категорії вібрації, а саме За.

В таблиці 5.5 приведені допустимі амплітуди вібропереміщень на робочих місцях при проектуванні розрахункових будівельних конструкцій для різних умов дії вібрації для нашого цеху.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих, згідно з [18], проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;

Таблиця 5.4 – Санітарні норми показників вібраційного навантаження на оператора апаратури

Середнє геометрична полоса частот, Гц	Нормативне значення в напрямках X_0, Y_0							
	Віброприскорення				Віброшвидкість			
	$m \cdot c^{-2}$		ДБ		$m \cdot c^{-1} \cdot 10^{-2}$		ДБ	
	В 1/3окт	В 1/1окт	В 1/3окт	В 1/1окт	В 1/3окт	В 1/1окт	В 1/3окт	В 1/1окт
2,0	0,8	0,14	98	103	0,64	1,3	102	108
4,0	0,056	0,1	95	100	0,23	0,45	93	99
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12	0,22	87	93
16,0	0,112	0,20	101	106	0,12	0,20	87	92
31,5	0,22	0,40	107	112	0,12	0,20	87	92
63,0	0,445	0,80	113	118	0,12	0,20	87	92

Таблиця 5.5 – Допустимі амплітуди віброприміщень на робочих місцях

Частота гармонійної складової, Гр	Амплітуда вібропереміщення $m \cdot 10^{-3}$	
	На постійних робочих місцях стаціонарних машин в виробничому приміщені.	В виробничих приміщеннях які не мають джерел вібрації.
2	1,4	0,52
4	0,25	0,1
8	0,063	0,025
16	0,0282	0,112
31,5	0,0141	0,0056
63	0,0072	0,0028

– застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці і печатки, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.7 Пожежна безпека

Пожежа на підприємстві представляє серйозну небезпеку та вважається одною з основних причин нещасних випадків, причиняє величезний матеріальний збиток. Пожежа – неконтрольований процес горіння, який супроводжується знищенням матеріальних цінностей та створює небезпеку для життя людей.

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують ССБТ «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах.

На бітумній базі, небезпеку пожежі можуть становити бітуми.

Згідно ОНТП 24-86 за вибуховою та пожежною небезпекою приміщення об'єкту, що проектується відносять до категорій: В та Г.

У категорії приміщення В знаходяться горючі речовини (бітум) в холодному та підігрітому стані. У приміщенні категорії Г (зварювальна дільниця) знаходяться негорючі матеріали, що обробляються в гарячому стані, розкалені або розплавлені, що супроводжується виділенням іскр, які розповсюджуються у будівлях III ступеня вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у годинах) і мінімальні межі розповсюдження полум'я по них (у сантиметрах) для виробництва III ступені вогнестійкості визначені згідно [15] і занесені у таблицю 5.6.

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Дане приміщення, згідно з ПБЕ, відноситься відповідно до:

–по вибухонебезпечності до 2, тобто, простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутні, а якщо воно виникає, то рідко і триває не довго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості).

–По пожежонебезпечності дане приміщення відносять до П-Ia зони, тобто зони в приміщеннях, де застосовуються горючі рідини з температурою спалаху $> 61^{\circ}\text{C}$.

Типи протипожежних перешкод та мінімальні межі їх вогнестійкості [15] зазначені в таблиці 5.7

Найбільшу відстань до евакуаційного виходу визначаємо за об'ємом приміщення та ступені вогнестійкості будівлі.

В проектуемому приміщенні, відстань при щільності людського потоку в загальному проході, чол/м² наступна: до 1 – 100 м².

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						85
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості та мінімальні межі розповсюдження полум'я по будівельних конструкціях.

Стіни				Коло ни	Драбинні площадки	Плити, інші несучі кон струкції	Елементи покриття	
Несу чі	Самоне сучі	Зовніш ні ненесучі	Пере город ки				Пли ти	Балки, арки, рами
$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0.75}{0}$	$\frac{0.25}{0}$	$\frac{0.25}{0}$

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості.

Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів: год
Протипожежні зони, елементи зон: - Протипожежні стіни, що відділяють зону від приміщень пожежних відсіків; -Протипожежні перегородки; -Протипожежні перекриття; -Елементи перекриття; -Зовнішні стіни.	1 2 2 3 -	- 0,75 0,25 0,75 0,75

Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів [15] на 1 м ширини евакуаційного виходу для категорії приміщення В і III –го ступеня вогнестійкості з площею 240 м² – 110.

Так-як площа бітумної бази складає F=20480 м², потрібно встановити 4 пожежних щити. До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються в ньому, слід включати: вогнегасники ВП-5 - 3шт., ящик з піском- 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті 2м х 2м- 1шт., гаки- 3шт, лопати- 2шт., ломи- 2шт., сокири- 2шт. Ящики для піску мають місткість 3м² та укомплектовані совковою лопатою. У приміщеннях щити повинні бути на легкодоступних місцях, ближче до виходів.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно до ступені вогнестійкості та категорії приміщення по вибухо- та пожежобезпеці приймаємо площу та етажність згідно таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Дані по приміщенню

Категорія приміщення	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі
В	3	III

Цех підігріву бітуму має площу $F = 108 \text{ м}^2$, тому встановлено вогнегасник ОВП-100 – 1 шт.

5.8 Розрахунок заземлюючого контуру цеху

Необхідно розрахувати заземлювальний пристрій цеху та заводської підстанції. Споживачі цеху отримують живлення від трансформатора 10/0,4 кВ з заземленою нейтраллю на стороні 0,4 кВ. Природних заземлювачів немає.

Вихідні дані:

Розміри цеху – $A \times B = 14 \times 8 \text{ м}^2$; ґрунт в місці будівлі чорнозем; кліматична зона – III;

Вертикальний електрод – кругла сталь $\varnothing 15 \text{ мм}$, довжина – $L_B = 5 \text{ м}$; глибина закладання $t = 0,7 \text{ м}$; Вид ЗП – контурне;

Горизонтальний електрод – смуга ($40 \times 4 \text{ мм}^2$).

Опір заземлюючого пристрою, до якого приєднані нейтраль джерела живлення або виводи джерела однофазного струму, у будь-який час року не повинне перевищувати 2, 4 і 8 Ом відповідно для лінійних напруг 660, 380 і 220 В джерела трифазного струму або 380, 220 і 127 В джерела однофазного струму. Цей опір необхідно забезпечувати з урахуванням використання всіх заземлювачів, приєднаних до PEN (PE) – провідника, якщо кількість відвідних ліній не менше двох.

Для питомого опору землі $\rho > 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ допускається збільшувати значення опору заземлення в $0,01 \cdot \rho$ раз, але не більш ніж в 10 разів, за винятком опору

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

заземлюючих пристроїв і заземлювачів, що використовуються одночасно для електроустановок напругою вище 1 кВ.

Опір заземлювального пристрою нейтралі трансформатора 0,4 кВ згідно ПУЕ [1] повинен бути не більше $R_{3V} \leq 4$ Ом.

Прийmemo опір заземлювального пристрою на рівні $R_{3V} = 4$ Ом.

Розрахунковий опір одного вертикального електрода визначається за виразом:

$$r_B = \frac{\rho_{розр}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right), \quad (5.1)$$

де r_B – розрахунковий опір одного вертикального електрода;

$K_{CE3.B}$ – коефіцієнт сезонності;

$\rho_{розр} = \rho \cdot K_{CE3.B}$ – розрахунковий питомий опір ґрунту;

ρ – питомий опір ґрунту, виміряний при нормальній вологості, Ом·м, приймається по табл. 5.10.

$K_{CE3.B} = 1,5$ (III кліматичний район) – значення взяті з табл. 5.9;

$K_{CE3.Г} = 2,3$ значення взяті з табл. 5.9;

$$p = t + \frac{l}{2}.$$

Для визначення питомого опору землі за розрахункове варто приймати його сезонне значення, що відповідає найменш сприятливим умовам.

Таблиця 5.9 – Коефіцієнти сезонності

Кліматична зона	Вид заземлювача		Додаткові відомості
	вертикальний	горизонтальний	
1	2	3	4
I	1,9	5,8	Глибина закладення вертикальних заземлювачів від поверхні землі 0,5...0,7м
II	1,7	4,0	Глибина закладення горизонтальних заземлювачів 0,3...0,8 м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примітка. Зона I має найбільш холодний, IV – теплий клімат;

Таблиця 5.10 – Питомий опір ґрунту ρ

Ґрунт	Торф	Глина, земля садова	Чорнозем	Суглинок	Кам'янистий ґрунт	Супісок	Пісок з галькою
ρ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	800

Таким чином приймаємо $\rho = 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

$$r_B = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{2p + \frac{l}{2}}{2p - \frac{l}{2}} \right) = \frac{50 \cdot 1,5}{2 \cdot \pi \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{15 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2} \ln \frac{2 \left(0,7 + \frac{3}{2} \right) + \frac{3}{2}}{2 \left(0,7 + \frac{3}{2} \right) - \frac{3}{2}} \right) = 25,25 \text{ Ом.}$$

Визначаємо кількість вертикальних електродів без урахування екранування (розрахункове):

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3V}}; \quad (5.2)$$

де $N'_{B.P}$ – кількість вертикальних електродів без урахування екранування (розрахункове округлюємо до найбільшого кратного 2);

R_{3V} – граничний опір сполученого ЗП.

$$N'_{B.P} = \frac{r_B}{R_{3V}} = \frac{25,25}{4} = 6,31 \approx 8 \text{ шт.}$$

Визначаємо кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування:

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B} \quad (5.3)$$

де $N_{B.P}$ – кількість вертикальних електродів з урахуванням екранування;

η_B , η_Γ – коефіцієнти використання вертикального й горизонтального електродів, визначаються за табл. 5.11:

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta = f(\text{тип ЗП, вид заземлювача, } \frac{a}{L}, N_B), \quad (5.4)$$

де a – відстань між вертикальними заземлювачами, м;

L – довжина вертикального заземлювача, м;

N_B – число вертикальних заземлювачів.

Таблиця 5.11 – Коефіцієнти використання вертикальних η_B і горизонтальних η_G електродів заземлювального пристрою

N_B	$\frac{a}{L}$						Додаткові відомості
	1		2		3		
	η_B	η_G	η_B	η_G	η_B	η_G	
4	0,69	0,45	0,78	0,55	0,85	0,70	Чисельник для контурного ЗП, Знаменник — для рядного
	0,74	0,77	0,83	0,89	0,88	0,92	
6	0,62	0,40	0,73	0,48	0,80	0,64	
	0,63	0,71	0,77	0,83	0,83	0,88	
10	0,55	0,34	0,69	0,40	0,76	0,56	
	0,59	0,62	0,75	0,75	0,81	0,82	
20	0,47	0,27	0,64	0,32	0,71	0,45	
	0,49	0,42	0,68	0,56	0,77	0,68	
30	0,43	0,24	0,60	0,30	0,68	0,41	
	0,43	0,31	0,65	0,46	0,75	0,58	

Так як контурний ЗП закладається на відстані не менше 1 м до будівлі, то довжина по периметру закладання дорівнює:

$$L_n = (A + 2) \cdot 2 + (B + 2) \cdot 2 = (14 + 2) \cdot 2 + (8 + 2) \cdot 2 = 32 + 20 = 52 \text{ м.}$$

де A – довжина приміщення;

B – ширина приміщення;

L_n – довжина по периметру закладання;

$A \times B = 14 \times 8 \text{ м}^2$ – параметри будівлі.

Визначаємо відстань між вертикальними електродами

$$a = \frac{L_n}{N'_{B.P}} = \frac{52}{8} = 6,5 \text{ м};$$

$$\frac{a}{L_B} = \frac{6,5}{3} = 2,17.$$

Приймаємо як розрахункове значення $\frac{a}{L_B} = 2,17$.

Таким чином

$$\eta = f(\text{контурний, вертикальний, } 2,17, 3) = 0,722.$$

$$N_{B.P} = \frac{N'_{B.P}}{\eta_B} = \frac{8}{0,722} = 11,1 \text{ шт.}$$

Приймаємо $N_{B.P} = 8$ шт.

Далі відстань між електродами уточнюється з урахуванням форми об'єкта. По кутах установлюють по одному вертикальному електроду, а ті що залишилися – між ними. Розміщуємо елементи ЗП на плані та уточнюємо відстані.

Для рівномірного розподілу електродів остаточно приймаємо, $N_B = 8$ (рис. 5.1).

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1}; \quad (5.5)$$

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1}; \quad (5.6)$$

де a_B – відстань між електродами по ширині об'єкта, м;

a_A – відстань між електродами по довжині об'єкта, м;

n_B – кількість електродів по ширині об'єкта;

n_A – кількість електродів по довжині об'єкта.

					MP 5.8.141.212 ПЗ	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

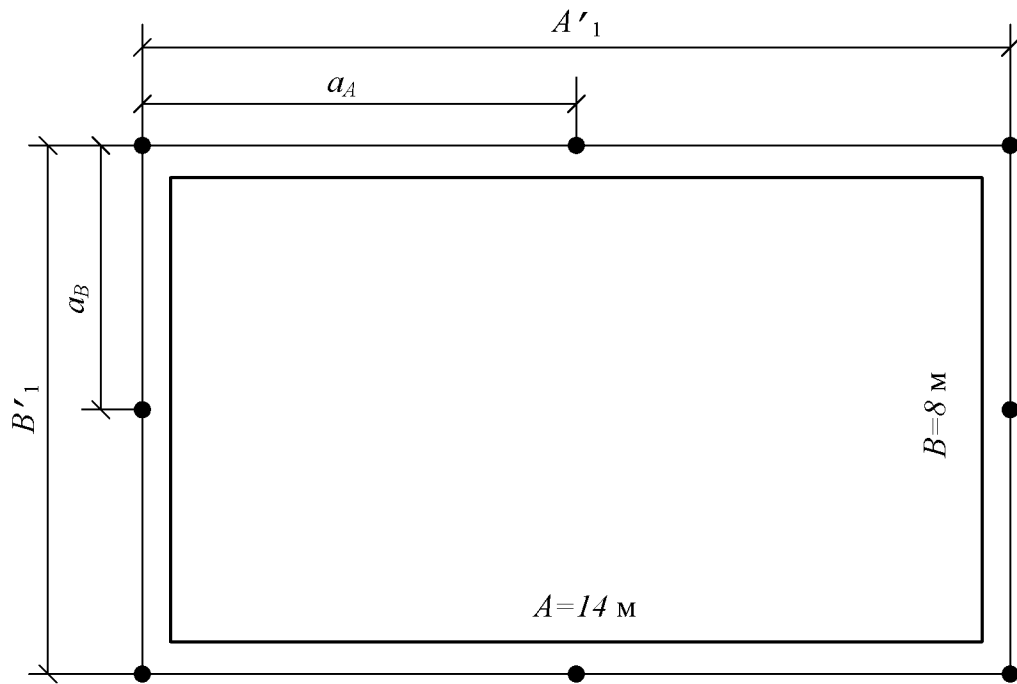


Рисунок 5.1 – План заземлювального контуру цеху

$$a_A = \frac{A'}{n_A - 1} = \frac{16}{2} = 8 \text{ м},$$

$$a_B = \frac{B'}{n_B - 1} = \frac{10}{2} = 5 \text{ м}.$$

Для уточнення приймається середнє значення відношення

$$\left(\frac{a}{L_B} \right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A + a_B}{L_B} \right) \quad (5.7)$$

де L_B – довжина вертикального заземлювача, м;

a – відстань між вертикальними заземлювачами, м.

$$\left(\frac{a}{L_B} \right)_{cp} = \frac{1}{2} \left(\frac{a_A + a_B}{L_B} \right) = \frac{1}{2} \left(\frac{8 + 5}{3} \right) = 2,17.$$

За табл. 5.11 уточнюються коефіцієнти використання за допомогою апроксимації.

$$\eta_B = f(\text{контурний; вертикальний; } 2,17; 8) = 0,722$$

$$\eta_\Gamma = f(\text{контурний; горизонтальний; } 2,17; 8) = 0,467$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Визначаються уточнені значення опорів вертикальних і горизонтальних електродів.

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi}\eta_{\Gamma}} \rho K_{CE3.\Gamma} \lg \frac{2L_{\Pi}^2}{bt} \quad (5.8)$$

де R_{Γ} – уточнене значення опору горизонтальних електродів,

$t = 0,7$ – глибина закладання, (м)

b – ширина смуги, (м)

L_{Π} – довжина смуги, (м)

$$R_{\Gamma} = \frac{0,4}{L_{\Pi}\eta_{\Gamma}} \rho K_{CE3.\Gamma} \lg \frac{2L_{\Pi}^2}{bt} = \frac{0,4}{52 \cdot 0,467} \cdot 50 \cdot 2,3 \cdot \lg \frac{2 \cdot (52)^2}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7} = 10,02 \text{ Ом.}$$

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} \quad (5.9)$$

де R_B – уточнене значення опору вертикальних електродів

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} = \frac{25,25}{8 \cdot 0,722} = 4,374 \text{ Ом.}$$

Визначаємо $R_{3y.\phi}$ фактичний опір ЗП

$$R_{3y.\phi} = \frac{R_B R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}} = \frac{4,374 \cdot 10,02}{4,374 + 10,02} = 3,05 \text{ Ом;}$$

$$(3,05)R_{3y.\phi} < R_{3y}(4)$$

Отже, було розраховано параметри ЗП об'єкта, що складається з 8 вертикальних заземлювачів, довжиною 3 м, відстань між якими по довжині об'єкта – 8 м і 5 м – по ширині об'єкта. Довжина по периметру закладання 52 м. Опір заземлюючого пристрою становить 3,05 Ом. Вертикальний електрод – *кругла сталь* $\varnothing 15$, горизонтальний електрод – смуга з розмірами 40×4 мм.

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу

Розрахунок чисельності ремонтного та обслуговуючого персоналу проводиться відповідно до кількості та виду електрообладнання загальнозаводської частини енергогосподарства. Персонал, що обслуговує електроприймачі виробничих цехів, можна віднести до робітників цих підрозділів і в магістерській роботі не враховувати.

Кількість робітників, що необхідна для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування і мереж, визначається виходячи з трудомісткості робіт, що виконуються. При цьому рекомендується скористатися нормативами системи технічного обслуговування і ремонту електроустаткування для обладнання і мереж промислової енергетики.

Чисельність ремонтного персоналу, люд.:

$$N_{\text{ТР}} = \frac{T_{\text{ТР}}}{\Phi_{\text{Д}} \cdot K_{\text{ВН}}}, \quad (6.1)$$

де $T_{\text{ТР}}$ – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд-год;

$\Phi_{\text{Д}}$ – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робочого в рік (як правило, приймається рівним 1850-1900 год);

$K_{\text{ВН}}$ – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках можна брати для ремонтного персоналу його значення 1,10, а для експлуатаційного – 1,05;

$$N_{\text{ТР}} = \frac{291,3}{1900 \cdot 1,1} = 0,14 \text{ (люд.)}$$

					MP 5.8.14.1.212 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>	<i>Лоцман С.І.</i>				Проектування системи електропостачання підприємства по виготовленню бітумної продукції. Пояснювальна записка	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Керівник</i>	<i>Петровський М.В.</i>						94	104
<i>Консульт.</i>	<i>Маценко О.М.</i>					СумДУ, ЕТ.мдн-11гЛ		
<i>Н.контроль</i>	<i>Никифоров М.А.</i>							
<i>Завтвер.</i>	<i>Лебединський І.Л.</i>							

Експлуатаційні робітники, люд.:

$$N_{\text{ОБС}} = \frac{T_{\text{ОБС}}}{\Phi_{\text{ОБС}} \cdot K_{\text{В.Н}}}, \quad (6.2)$$

де $T_{\text{ОБС}}$ - річна планова трудомісткість технічного обслуговування з обліком трудозатрат на огляди (перевірки, іспити), створювані як самостійні операції, люд-год.

$$N_{\text{ОБС}} = \frac{1924,76}{1900 \cdot 1,05} = 0,965, \text{ (люд.)}$$

Планова трудомісткість відповідного виду робіт T ($T_{\text{тр}}$, $T_{\text{обс}}$) залежить від кількості однотипного устаткування, трудомісткості одиниці цих робіт і числа їх повторень протягом року.

Згідно ПУЕ приймаємо $N_{\text{тр}} = 2$ люд., $N_{\text{обс}} = 3$ люд.

Планову трудомісткість, люд.-год/рік:

$$T' = \Pi \cdot t_{\text{НОР}} \cdot h, \quad (6.3)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду в рік, що приходяться на одиницю обладнання;

$t_{\text{НОР}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год;

h – кількість обладнання визначеного діапазону потужності, що підлягає даному виду ремонтних робіт.

Для вимикачів 10 кВ, люд.-год/рік:

$$T' = 2 \cdot 1,493 \cdot 16 = 47,8 \text{ (люд.-год/рік);}$$

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год/рік:

$$T_{\text{Т.О.}} = 12 \cdot t_{\text{Т.Р.}} \cdot K_{\text{С.Р.}} \cdot K_{\text{ЗМ}} \cdot h, \quad (6.4)$$

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де 12 – число місяців у році;

$t_{Т.Р.}$ - планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування, люд.-год;

$K_{ЗМ}$ - коефіцієнт змінності;

$K_{С.Р.}$ - коефіцієнт складності ремонту, що показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс.;

h - кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 10 кВ, люд.-год/рік:

$$T_{Т.О.} = 12 \cdot 2 \cdot 0,1 \cdot 3 \cdot 2 = 14,4 \text{ (люд.-год/рік)}.$$

Аналогічно визначаємо річну планову трудомісткість ремонтних робіт, технічного обслуговування та оглядів для іншого енергетичного устаткування.

Результати розрахунків заносимо до таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Річна планова трудомісткість ремонтних робіт, технічного обслуговування та оглядів

Обладнання	Кількість	$\beta p = 2 / K_{ЗМ}$	Поточний ремонт			Огляд			Техн. обслуговування				Загальна трудоем. обслуговування, люд.-год		
			Число на од.облад./рік Прм	Норма трудоемності, люд.-год	Загальна трудоемність люд.-год.	Число на один.обл. рем /рік По	Норма трудоемності, люд.-год	Загальна трудоемність люд.-год.	Змінність роботи $K_{ЗМ}$	$K_{С.Р.}$	Число місяців в році	Загальна трудоемність, люд.-год			
ТП 1	ТМ-630	2	0.67	0.493	100	98.5	17.91	8	286.6	3	1.3	12	748.8	1035.37	
	ААБ 3х25	0.001		1.493	100	0.1	0.67	30	0		1.3	12	1.404		1.424
	Вимикач 10 кВ	2		1.493	16	47.8	17.91	2	71.6		0.1	12	14.4		86.04
ТП 2	ТМ-400	2	1	0.330	90	59.4	12.0	7	168.0	2	1.3	12	436.8	604.8	
	ААБ 3х25	0.055		1.000	100	5.5	1.0	30	1,7		1.3	12	51.48		53.13
	Вимикач 10 кВ	2		1.000	16	32.0	12.0	2	48.0		0.1	12	9.6		57.6
ЦТП	Вимикач 10 кВ	3	0.67	1.000	16	48.0	12.0	2	72.0	3	0.1	12	14.4	86.4	
Разом:				291.3			647.9			1262.5				1924.76	

ВИСНОВКИ

Спроектowana система електропостачання бітумної бази має наступну структуру. Підприємство одержує живлення від енергосистеми по дволанцюговій повітряній лінії електропередач довжиною 2,5 км напругою 10 кВ. Як пункт прийому електроенергії використовується ЦРП від якого вся електроенергія розподіляється на напрузі 10 кВ по кабельних лініях до ЦТП.

У результаті виконання магістерської роботи були визначені наступні параметри електропостачання. Розрахункові навантаження цехів визначені по методу коефіцієнта використання. Як розрахункове навантаження по заводу в цілому прийняли навантаження, розраховане методом коефіцієнта попиту $S_M=1393,7$ кВА. Була побудована картограмма електричних навантажень, та визначено місце розташування ЦРП. Живильні лінії марки АС - 95, які прокладаються на залізобетонних опорах. Були обрані силові трансформатори типу ТМ-630/10 та ТМ-400/10. Живлення ЦТП здійснюється кабельними лініями марки ААБ - 25, що прокладені в землі. Для вибору елементів схеми електропостачання був проведений розрахунок струмів короткого замикання в трьох точках. На підставі цих даних були обрані апарати на сторонах 10 кВ і 0,4 кВ, а також проведена перевірка комутаційного обладнання на термічну стійкість. Зроблено розрахунок системи освітлення цеху методом коефіцієнта використання.

В розділі охорона праці виконаний аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що діють на обслуговуючий персонал. Проведений розрахунок заземлюючого контуру цеху, що забезпечує його фактичний опір не більше 4 Ом.

В економічній частині проведений розрахунок кількості необхідного персоналу для ремонтних робіт, технічного обслуговування та оглядів електроустаткування підприємства.

При виконанні дипломного проекту були дотримані вимоги ПУЕ, ПТЕ та інших нормативних документів щодо надійності та якості електропостачання.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила улаштування електроустановок. – Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньоцехове електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 280 с.
3. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 163 с.
4. Василега П.О. Електропостачання: підручник. – Суми: СумДУ, 2019. – 521 с.
5. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / Под ред. Ю.Г. Барыбина/ и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
6. Федоров А.А., Старкова Л.Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования. -М.: Энергоатомиздат,1987. – 368с.
7. Руководящий технический материал. Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92.
8. ГОСТ 28249-89. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
8. ДБН В.2.5-23-2010 Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 104 с.
9. Шеховцов В.П. Расчет и проектирование систем электоснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2005. 214 с.
10. Рожкова Л.Д.; Козулин В.С. Электрооборудования станций и подстанций – М. Энергия, 1980 – 600с.
11. Беляев А.В., Выбор аппаратуры, защит и кабелей в сетях 0,4 кВ – Л.: Энергоатомиздат, 1988 – 176с.
12. Козловская, В.Б., Радкевич, В.Н., Сацукевич В.Н. Электрическое освещение. 2-е изд., справочник. – Минск: Техноперспектива, 2008. – 271 с.

					<i>MP 5.8.14.1.212 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

13. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 133 с.
14. Охорона праці в галузі: навч. посібн. / П.С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білик; Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка. – К. : ЦУЛ, 2013. — 322 с.
15. Мельник Л.Г. Економіка підприємства. Суми: Університетська книга, 2003. – 412 с.
16. Никифоров М.А., Лебединський І.Л. Методичні вказівки до оформлення дипломних робіт. Суми: Вид-во СумДУ, 2008. – 74 с.

					<i>MP 5.8.141.212 ПЗ</i>	Арк.
						99
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		