

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Пояснювальна записка
до бакалаврської дипломної роботи

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему "РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЧЕРКАСЬКА
М'ЯСНА КОМПАНІЯ"

Виконав: студент 3 курсу, групи E-17мс
6.050701 – електротехніка та електротехнології

(шифр і назва напрямку підготовки)

Гаврилюк В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ - 2020 р.

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Гаврилук Володимир Михайлович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Черкаська м'ясна компанія»,**

керівник роботи: Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ,
затверджені наказом по ВНТУ від « ____ » _____ 2019 року, № _____

2. Строк подання студентом роботи « ____ » _____ 2020 року

3. Вихідні дані до роботи: Загальні відомості про підприємство. Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Вступ.

1. Загальні відомості про підприємство

1.1 Короткий опис технологічних процесів

1.2 Відомості про навантаження і джерело живлення підприємства

2 Розрахунок системи електропостачання

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

2.3 Розрахунок внутрішньозаводського електропостачання

2.4 Розрахунок електропостачання цеху

- 3 Несинусоїдність напруги в електричних мережах підприємства
 3.1 Вплив несинусоїдності напруги на електрообладнання
 3.2 Аналіз результатів дослідження якості електричної енергії
 4 Охорона праці
 Підсумок
 Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу.

1. Генплан підприємства
2. Однолінійна схема електропостачання підприємства
3. План цеху
4. Розрахункова монтажна таблиця
5. Аналіз результатів дослідження якості електричної енергії.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «__» грудня 201_ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Розрахунок системи електропостачання		
2	Несинусоїдність напруги в електричних мережах підприємства		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

Студент _____
(підпис)

Гаврилюк В.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи _____
(підпис)

Бурбело М.Й
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація	5
Аннотация	6
ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО.....	8
1.1 Короткий опис технологічного процесу.....	8
1.2 Відомості про електроспоживачі та їх характеристики.....	9
2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	11
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	11
2.2 Вибір та розміщення підстанцій.....	14
2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства	26
2.3.1 Вибір провідників і вимикачів заводської мережі.....	26
2.3.2 Розрахунок струмів КЗ заводської мережі	28
2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху.....	32
2.4.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	33
2.4.2 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі	41
2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В.....	46
3 НЕСИНУСОЇДНІСТЬ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПІДПРИЄМСТВА.....	48
3.1 Вплив несинусоїдності напруги на електрообладнання	48
3.2 Аналіз результатів дослідження якості електричної енергії	51
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	56
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	56
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	59
4.3 Пожежна безпека.....	64
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69
Додаток А – Генплан підприємства	70
Додаток Б – Однолінійна схема електропостачання підприємства.....	71
Додаток В – План цеху №4	72
Додаток Г – Розрахункова монтажна таблиця	73
Додаток Д – Аналіз результатів дослідження якості електричної енергії	74

Анотація

Гаврилюк В.М. Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Черкаська м'ясна компанія». – Вінниця.: ВНТУ. 2020 – 68 с. Іл:11.Табл:11.

В бакалаврській дипломній роботі розроблені основні питання з електропостачання ТОВ «Черкаська м'ясна компанія». Проведено: розрахунок електричних навантажень підприємства та ремонтно-механічного цеху, визначено центр електричних навантажень, обрано відповідне комутаційне обладнання та марки і перерізи живлячих ліній.

Проведено дослідження несинусоїдності напруги в мережах підприємства.

ст.:68 рис.:11 табл.:11 библ.:13

Аннотация

Гаврилюк В.М. Разработка системы электроснабжения Общества с ограниченной ответственностью «Черкаська м'ясна компанія». - Винница.: ВНТУ.2020. – 68 с. Ил.:11.Табл.:11.

В бакалаврской дипломной работе разработаны основные вопросы электроснабжения ООО «Черкаська м'ясна компанія» на основе реальных исходных данных. Выполнены расчеты электрических нагрузок предприятия и ремонтно-механического цеха, определен центр электрических нагрузок, выбрано соответствующее коммутационное электрооборудование, марки и сечение питающих линий.

Выполнены исследования несинусоидальности напряжения в сетях предприятия.

ст.:68 рис.:11 табл.:11 библи.:13.

ВСТУП

Актуальність роботи. Проектування електричної частини ТОВ «Черкаська м'ясна компанія» являє собою складний процес вироблення і прийняття рішення по схемах електричних з'єднань, складу електрообладнання і його розташування, пов'язаних з виробничими розрахунками, пошуком просторових компоновок, оптимізацією фрагментів і об'єкта в цілому. Цей процес потребує системного підходу з використанням нових досягнень науки і техніки, передового досвіду проектних і будівельно-монтажних робіт.

У зв'язку з різним характером роботи споживачів підприємства актуальним є задача виявлення та фільтрація вищих гармонік напруги в мережах підприємства.

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах.

Метою даної роботи є розроблення системи електропостачання підприємства, дослідження несинусоїдних режимів.

Основні задачі цієї роботи полягають у виборі схем електропостачання підприємства, підборі комутаційно-захисної апаратури, провідників, розробки заходів з охорони праці.

Об'єкт аналізу. Система електропостачання підприємства.

Предметом даної роботи є методи та засоби, що використовуються для якісного та раціонального розрахунку системи електропостачання даного підприємства, виборі схем його цехових та заводських мереж.

Методи розрахунку. Розрахунок навантажень цехів проводиться за методом коефіцієнта розрахункового максимуму. Розрахунок активної і реактивної потужності силового обладнання проводиться за методами коефіцієнта попиту .

Наукова новизна полягає у дослідженні несинусоїдності.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Короткий опис технологічного процесу

Підприємство має в своєму складі чотири цехи, та чотири побутові приміщення.

Підприємство живиться від підстанції Черкаських районних електричних мереж 110/10 кВ.

Свою діяльність підприємство проводить поетапно:

Першим етапом є заготівля великої рогатої худоби і свиней від виробників сільськогосподарської продукції – юридичних і фізичних осіб, приймання худоби, забій і обробка м'яса, встановлення категорії м'яса, зважування і термічна обробка.

Другий етап – м'ясо передають на переробку в ковбасний цех, там іде процес обвалювання та жилювання м'яса (3 сорти), зважування.

Третій етап – м'ясо іде в посол подрібненим, або в кусках не більше 0,5 кг. Після посолу м'ясо направляється на виробництво ковбас. М'ясо в ковбаси закладається згідно з рецептур, встановленими нормативними документами (ТУУ, ГОСТи, ДСТУ, РСТ). Рецептура складається на кожний вид продукції.

Процес виготовлення ковбас проводиться на технологічному обладнанні підприємства (вовчок, м'ясорубка, саморізка, кутер, мішалка, шприц, термокамери)

М'ясо подрібнюють на вовчку в залежності від вимог технічних інструкцій, додають інші компоненти (сало, крохмаль, мука, спеції, фосфати, інші компоненти). Весь полу фабрикат закладається в мішалку, вимішується і подається для формування ковбаси. В залежності від виду ковбаси формовка ковбас проводиться в різні види оболонки. Оболонка є штучна і натуральна. Сформовані ковбаси навішуються на рами і відправляються на осадку. Після осадки ковбаси направляються на подальшу термічну обробку, це є сушка ковбаси, сушка з димом (обжарка), варка.

Варені ковбаси ідуть на охолодження, а напівкопчені ковбаси направляються на копчення (5 годин). Напівкопчені ковбаси охолоджуються до паспортної температури.

Готова продукція зважується, запаковується, маркується, відправляється в реалізацію.

1.2 Відомості про електроспоживачі та їх характеристики

Підприємство відноситься до другої, та третьої категорії споживачів. Опалення в усіх цехах і холодильниках водяне та парове, ковбасний та компресорний цеха забезпеченні проточною вентиляцією з підігрівом повітря в холодну пору року. Освітлення в усіх цехах природне та штучне.

На рисунку 1.1 зображено генплан підприємства.

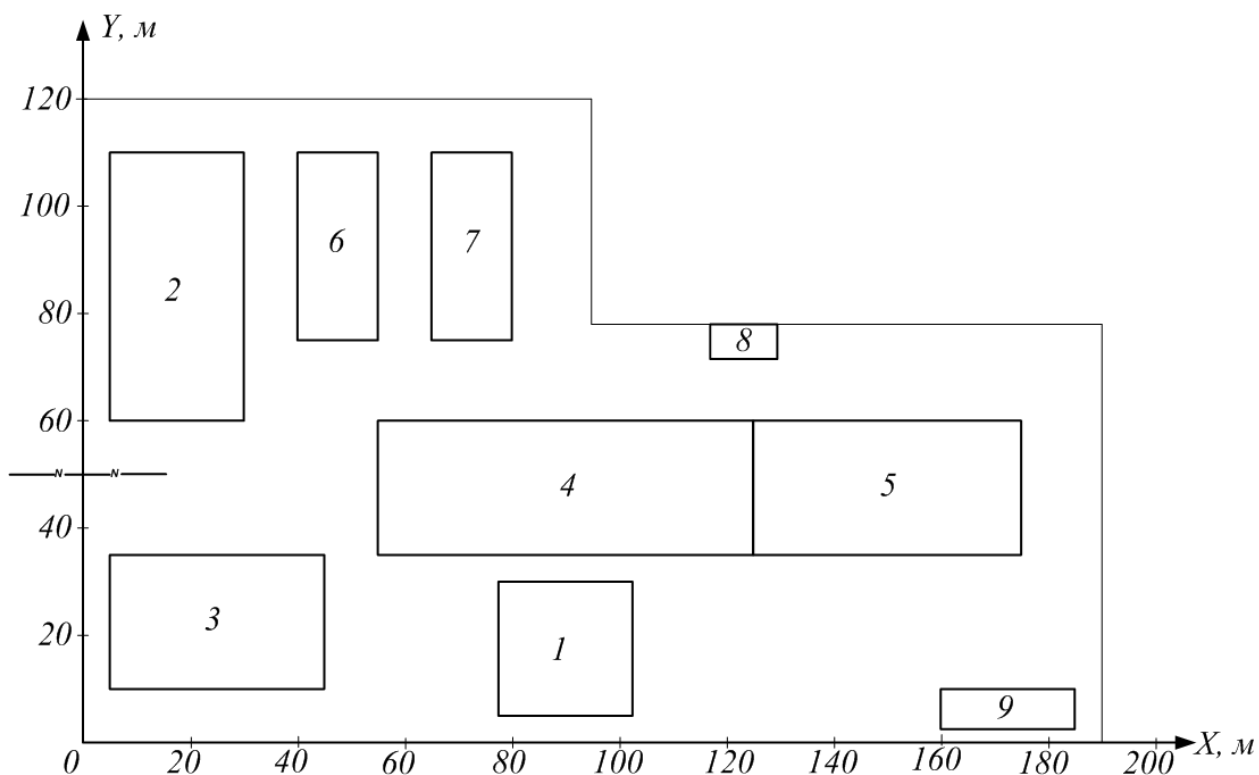


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Таблиця 1.1 - Відомості про електричне навантаження заводу

№ п/п	Найменування цеху	Встановлена потужність, кВт
1	2	3
1.	Адміністративний корпус	230
2.	Цех №1	450
3.	Цех №2	350
4.	Цех №3	200
5.	Цех №4	200
6.	Склад №1	18
7.	Склад №2	18
8.	Контрольно-пропускний пункт	12
9.	Магазин	25

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок навантажень підприємства

Розрахункову активну потужність цехів визначаємо методом коефіцієнта попиту:

$$P_p = K_{\Pi} \cdot P_{уст} \quad (2.1)$$

де K_{Π} – коефіцієнт попиту;

$P_{уст}$ – установлена сумарна потужність цеху, кВт.

Розрахункова потужність електричного освітлення визначається за питомою густиною освітлювального навантаження на 1 м^2 корисної площі виробничих будівель:

$$P_p^0 = P_{но} \cdot K_{пра} \cdot K_{по} \cdot F, \quad (2.2)$$

де P_p^0 – розрахункова потужність, яка необхідна для освітлення цеху, кВт;

$P_{но}$ – питома густина освітлювального навантаження, кВт/м² [1, табл. 24-28];

$K_{по}$ – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження [1];

$K_{пра}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі [1];

F – площа цеху, яка визначається по генплану, м².

Повна розрахункова потужність визначається по формулі:

$$S_p = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}, \quad (2.3)$$

Сумарну розрахункову активну потужність підприємства розраховуємо за формулою:

$$P_{p\Sigma} = K_0(P_p + P_p^0), \quad (2.4)$$

де P_p - активна потужність підприємства, кВт;

P_p^0 – активна потужність освітлення на підприємстві, кВт;

$K_0 = 0,95$ – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження (таблиця 1.4 [1. с.16]);

Сумарну розрахункову реактивну потужність підприємства розраховуємо за формулою:

$$Q_{p\Sigma} = K_0(Q_p + Q_p^0), \quad (2.5)$$

де Q_p - реактивна потужність підприємства, кВАр;

Q_p^0 – реактивна потужність освітлення на підприємстві, кВАр.

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначаємо:

- сумарне активне навантаження за формулою (2.4):

$$P_{p\Sigma} = 0,95 \cdot (1285 + 105,94) = 1321,63 \text{ (кВт)};$$

- сумарне повне навантаження підприємства за формулою (2.3):

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{1321,63^2 + 951,3^2} = 1628,4 \text{ (кВА)}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок навантажень підприємства

№	Назва	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження						Всього		
		Рн, кВт	Кп	cosφ	tgφ	Рмс, кВт	Qмс, кВАр	Рплт. о	Рно, кВт	Кпра	Кпо	Рмо, кВт	Qмо, кВт	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА
1	Адміністративний корпус	230	0,9	0,85	0,61	207	126,3	0,012	7,5	1,2	0,8	7,2	4,392	214,2	130,66	250,91
2	Цех №1	450	0,8	0,85	0,61	360	219,6	0,012	15	1,1	0,95	15,68	9,562	375,68	229,16	440,05
3	Цех №2	350	0,9	0,8	0,9	315	283,5	0,016	16	1,1	0,95	16,72	15,05	331,72	298,55	446,28
4	Цех №3	200	0,85	0,8	0,9	170	153	0,016	28	1,1	0,95	29,26	26,33	199,26	179,33	268,08
5	Цех №4	200	0,85	0,85	0,61	170	103,7	0,016	20	1,1	0,95	20,9	12,75	190,9	116,45	223,61
6	Склад №1	18	0,9	0,85	0,61	16,2	9,882	0,016	8,4	1,35	0,6	6,8	4,15	23	14,03	26,95
7	Склад №2	18	0,9	0,85	0,61	16,2	9,882	0,016	8,4	1,35	0,6	6,8	4,15	23	14,03	26,95
8	Контрольно-проп. пункт	12	0,8	0,9	0,49	9,6	4,704	0,015	0,9	1,35	0,6	0,73	0,357	10,33	5,06	11,5
9	Магазин	25	0,85	0,85	0,61	21,25	12,96	0,012	2,1	1,1	0,8	1,85	1,127	23,1	14,09	27,06
	Всього по підприємству					1285	923,5					105,9	77,87	1322	951,3	1628,4

2.2 Вибір та розміщення підстанцій

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,4 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_i, \quad (2.6)$$

де S_i – повна розрахункова потужність цеха, кВА.

$$S_{\Sigma} = 250,90 + 440,05 + 446,28 + 268,08 + 223,61 + 26,95 + 26,95 + 11,5 + + 27,06 = 1628,4 \text{ (кВА)}.$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (2.7)$$

де F_i – площа цеха, м².

$$F_{\Sigma} = 625 + 1250 + 1000 + 1750 + 1250 + 525 + 525 + 60 + 175 = 7160 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Визначимо економічний ступінь потужності трансформаторів в залежності від густини навантаження:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}, \quad (2.8)$$

$$S_{\text{пит}} = \frac{1628,4}{7160} = 0,23 \text{ (кВА/м}^2\text{)}.$$

При такій питомій потужності доцільно використовувати трансформатори потужністю 630 або 1000 кВА.

Розглянемо 2 варіанти спорудження однострансформаторних підстанцій з $S_{\text{НОМ ТР}} = 630$ кВА та $S_{\text{НОМ ТР}} = 1000$ кВА :

Варіант 1: $S_{\text{ск}} = S_{\text{НОМ.ТР}} = 630$ кВА.

Визначаємо економічне число підстанцій:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ном.ТР}} \cdot K_3}, \quad (2.9)$$

де $k_3=0,9\div 0,95$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів однострансформаторної підстанції.

$$N_{\text{ек}} = \frac{1628,4}{2 \cdot 630 \cdot (0,8-0,85)} = 1,61 \div 1,52 \approx 2 \text{ (шт.)}$$

Отже, необхідно встановити 2 трансформатора.

Варіант 2: $S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.ТР}} = 1000 \text{ (кВА)}$.

$$N_{\text{ек}} = \frac{1628,4}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8\div 0,85)} = 1,05 \div 0,99 \approx 1 \text{ (шт.)}$$

Отже необхідно встановити 1 трансформатора.

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження.

Дані розрахунку приведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

Варіант 1				Варіант 2			
№ на генплані	Sp, кВА	$S_{\text{номТР}} = 630 \text{ кВА}$		№ на генплані	Sm, кВА	$S_{\text{номТР}} = 1000 \text{ кВА}$	
		N, шт	k_3			N, шт	k_3
1,4,5,9	769,68	1	0,61	1,2,3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	1628,4	1	0,81
2, 3,6, 7,8	951,73	1	0,75				

У даному випадку, порівнявши обидва варіанти, вибираємо варіант 2 з меншою кількістю трансформаторів.

Проведемо техніко – економічне порівняння варіантів спорудження

однотрансформаторних підстанцій потужністю 630 кВА і 1000 кВА методом зведених річних витрат.

Визначимо вартість втрат 1 кВт потужності при $m_0 = 0,42$ грн/кВт·год, якщо підприємство працює в одну зміну:

$$m = m_0 \cdot \tau_M = 0,42 \cdot 1700 = 714 \text{ (грн/кВт)},$$

де $\tau_M = 1700$ год - час максимальних втрат (таблиця 3.2 [1. с.47]).

Річні втрати потужності в трансформаторах ЦТП приведені в таблиці.

Річна вартість втрат електроенергії:

$$m \cdot \Delta P_{\text{тр1}} = 714 \cdot 50,445 = 36017,73 \text{ (грн.)};$$

$$m \cdot \Delta P_{\text{тр2}} = 714 \cdot 46,24 = 33015,36 \text{ (грн.)}.$$

Збитки від переривання електропостачання для одноколової системи (без резервування) визнаємо за формулою:

$$Z_{\text{ПЕР}} = Z_{\text{ПЕР.А}} W_{\text{А}} + Z_{\text{ПЕР.П}} W_{\text{П}}, \quad (2.10)$$

де $Z_{\text{ПЕР.А}}$ та $Z_{\text{ПЕР.П}}$ – питомі складові збитків від відповідного аварійного і планового недовідпусків електроенергії;

$W_{\text{А}}$ та $W_{\text{П}}$ – середньорічні значення аварійного і планового недовідпусків електроенергії.

$$Z_{\text{ПЕР.А}} = 0,32 \cdot 5,5 = 1,76 \text{ (грн/кВт·год)};$$

$$Z_{\text{ПЕР.П}} = 0,26 \cdot 5,5 = 1,43 \text{ (грн/кВт·год)}.$$

Визначаємо частоту відмов одноколової системи одного з приєднань ЦРП:

$$v_{c.1} = v_{кЛ10} + v_{ВМ10} + v_{ТР10}, \quad (2.11)$$

де $v_{кЛ10}, v_{ВМ10}, v_{ТР10}$ - частота відмов відповідно КЛ 10 кВ, вимикачів 10 кВ і трансформаторів 10/0,4;

$$v_{c.1} = \frac{55 \cdot 10^{-3} \cdot 3}{100} + 0,02 + 0,005 = 0,0266 \text{ (рік}^{-1}\text{)}.$$

Визначимо час відновлення системи для одного з приєднань ЦРП:

$$t_{BC} = \frac{v_L t_L + v_{ВМ} t_{ВМ} + v_{ТР} t_{ТР}}{v_c}, \quad (2.12)$$

де $t_L, t_{ВМ}, t_{ТР}$ - тривалість відновлення відповідно КЛ 10 кВ, вимикачів 10 кВ і трансформаторів 10/0,4;

$$t_{BC} = \frac{0,008 \cdot 44 + 0,02 \cdot 15 + 0,005 \cdot 60}{8760 \cdot 0,0266} = 0,004 \text{ (року)}.$$

Решту розрахунків зводимо до таблиці 2.3.

Визначаємо коефіцієнт аварійного простою:

$$K_{A1.1} = t_{BC} \cdot v_c, \quad (2.13)$$

$$K_{A1.1} = 0,004 \cdot 0,0266 = 10,8 \cdot 10^{-5}.$$

Решту розрахунків зводимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3– Результати розрахунків

Варіант 1 (ТМ-630/10)					Варіант 2 (ТМ-1000/10)				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТП	ω , рік ⁻¹	t, рік	K_A	L, м	ТП	ω , рік ⁻¹	t, рік	K_A	L, м
1.	0,0266	0,004 0	$10,8 \cdot 10^{-5}$	7	1.	0,0266	0,004 0	$10,9 \cdot 10^{-5}$	36
2.	0,0266	0,004 3	$10,8 \cdot 10^{-5}$	36					
3.	0,0266	0,004 1	$10,8 \cdot 10^{-5}$	40	2.	0,0250	0,004 3	$10,9 \cdot 10^{-5}$	80
4.	0,0266	0,004 2	$10,8 \cdot 10^{-5}$	86					

Визначимо аварійний ний невідпуск електроенергії:

$$W_A = k_A \cdot P_M \cdot T_M \quad (2.14)$$

- для варіанту 1:

$$W_{A1} = (10,8 + 10,8 + 10,8 + 10,8) \cdot 10^{-5} \cdot 1440,27 \cdot 1700 = 1057,73 \text{ (кВт·год/рік)};$$

- для варіанту 2:

$$W_{A2} = (10,9 + 10,9) \cdot 10^{-5} \cdot 1435,6 \cdot 1700 = 532,03 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Збитки від аварійного невідпуску електроенергії:

- для варіанту 1:

$$Z_{\text{ПЕР.А}} W_{A1} = 1,76 \cdot 1057,33 = 1860,9 \text{ (грн)};$$

- для варіанту 2:

$$З_{\text{ПЕР.А}} W_{\text{А2}} = 1,43 \cdot 532,03 = 760,8 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо коефіцієнт планового простою, який буде однаковим для всіх приєднань ЦРП обох варіантів схеми:

$$K_{\text{П}} = 1,2 \cdot t_{\text{ПТР10}} \cdot \mu_{\text{ТР10}} = 1,2 \cdot \frac{15}{8760} \cdot 0,5 = 0,00103.$$

Визначимо плановий недовідпуск електроенергії:

$$W_{\text{П}} = K_{\text{П}} P_{\text{М}} T_{\text{М}} \quad (2.15)$$

- для варіанту 1:

$$W_{\text{П1}} = K_{\text{П1}} \cdot P_{\text{М1}} \cdot T_{\text{М1}} = 0,00103 \cdot 1440,27 \cdot 1700 = 2521,91 \text{ (кВт·год/рік)};$$

- для варіанту 2:

$$W_{\text{П2}} = K_{\text{П2}} \cdot P_{\text{М2}} \cdot T_{\text{М2}} = 0,00103 \cdot 1435,6 \cdot 1700 = 2513,73 \text{ (кВт·год/рік)}$$

Збитки від планового недовідпуску електроенергії:

- для варіанту 1:

$$З_{\text{ПЕР.П}} W_{\text{П1}} = 1,43 \cdot 2521,91 = 3606,33 \text{ (грн.)};$$

- для варіанту 2:

$$З_{\text{ПЕР.П}} W_{\text{П2}} = 1,43 \cdot 2513,73 = 3594,63 \text{ (грн.)}.$$

Збитки від переривання електропостачання для одноколової системи (без резервування) визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{ПЕР}} = Z_{\text{ПЕР.А}} W_{\text{А}} + Z_{\text{ПЕР.П}} W_{\text{П}} \quad (2.16)$$

- для варіанту 1:

$$Z_{\text{ПЕР1}} = Z_{\text{ПЕР.А}} W_{\text{А1}} + Z_{\text{ПЕР.П}} W_{\text{П1}} = 1,76 \cdot 1057,73 + 1,43 \cdot 2521,91 = 5467,93 \text{ (грн)};$$

- для варіанту 2:

$$Z_{\text{ПЕР2}} = Z_{\text{ПЕР.А}} W_{\text{А2}} + Z_{\text{ПЕР.П}} W_{\text{П2}} = 1,76 \cdot 532,03 + 1,43 \cdot 2513,73 = 4531 \text{ (грн)}.$$

Визначимо капітальні затрати:

$$K = (E_{\text{н}} + E_{\text{а}}) K_{\text{КЛ110}} + (E_{\text{н}} + E_{\text{а}}) K_{\text{ТП}} , \quad (2.17)$$

- для варіанту 1:

$$\begin{aligned} K_1 &= 2[2(E_{\text{н}} + E_{\text{а}_{\text{КЛ}}}) K_{\text{КЛ110}} + (E_{\text{н}} + E_{\text{а}}) K_{\text{ТП2-630}} + 2(E_{\text{н}} + E_{\text{а}_{\text{ВН}}}) K_{\text{ВМ}} + m\Delta P] = \\ &= 2[2(0,1 + 0,036) \cdot 5242,72 + (0,1 + 0,044) \cdot 127,62 + 2(0,1 + 0,044) 20000 + 714 \cdot 25,41] = 50694,14 \end{aligned}$$

- для варіанту 2:

$$\begin{aligned} K_1 &= 2[2(E_{\text{н}} + E_{\text{а}_{\text{КЛ}}}) K_{\text{КЛ110}} + (E_{\text{н}} + E_{\text{а}}) K_{\text{ТП2-1000}} + 2(E_{\text{н}} + E_{\text{а}_{\text{ВН}}}) K_{\text{ВМ}} + m\Delta P_2] = \\ &= 2[2(0,1 + 0,036) \cdot 5242,72 + (0,1 + 0,044) \cdot 142,47 + 2(0,1 + 0,044) 20000 + 714 \cdot 18,12] = 20144,19 \end{aligned}$$

Визначимо сумарні приведені затрати:

$$Z = K + m \cdot \Delta P + Z \quad (2.18)$$

- для варіанту 1:

$$Z_1 = K_1 + m \cdot \Delta P_{\text{тр}1} + Z_{\text{ПЕР}1} = 50694,14 + 36017,73 + 15131,83 = 101843,7 \text{ (грн)};$$

- для варіанту 2:

$$Z_2 = K_2 + m \cdot \Delta P_{\text{тр}2} + Z_{\text{ПЕР}2} = 20144,19 + 33015,35 + 4531 = 57690,54 \text{ (грн)}.$$

Зважаючи на те, що приведені затрати для варіанту 2 менші за рахунок меншої кількості трансформаторів та меншої довжини кабельних ліній, приймаємо варіант 2 для подальших розрахунків.

Для визначення повної потужності, яку повинно споживати підприємство з енергосистеми, визначимо втрати потужності в ЦТП.

Параметри встановлених на підприємстві трансформаторів наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Параметри трансформаторів

$S_{\text{н.тр}}$, кВА	$U_{\text{н.тр}}$, кВ	$\Delta P_{\text{хх}}$, кВт	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	$I_{\text{хх}\%}$	$U_{\text{к}\%}$
1000	10	2,1	10,5	1,4	6
630	10	1,31	8,5	2	5,5

Втрати активної потужності в трансформаторі:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} + \frac{1}{n} \Delta P_{\text{к}} \left(\frac{S_{\text{р}}}{S_{\text{н.тр}}} \right)^2, \quad (2.19)$$

де n – число трансформаторів, шт.;

$\Delta P_{\text{хх}}$ – втрати активної потужності на х.х, кВт;

$\Delta P_{кз}$ – втрати активної потужності на к.з., кВт;

$I_{xx\%}$ - струм х.х, %;

$U_{кз\%}$ - напруга к.з., %.

$$\Delta P_{тр} = 2,1 + 10,5(0,96)^2 = 8,43 \text{ (кВт)}.$$

Втрати реактивної потужності в трансформаторі:

$$\Delta Q_{тр} = n \cdot \frac{\Delta I_{xx\%}}{100} S_{н.тр} + \frac{1}{n} \frac{\Delta U_{кз\%}}{100} \left(\frac{S_p}{S_{н.тр}} \right)^2, \quad (2.20)$$

$$\Delta Q_{тр} = \frac{1,4}{100} 1000 + \frac{6}{100} (0,96)^2 = 41,67 \text{ (кВАр)}.$$

Розрахунки для інших ЦТП проводимо аналогічно. Результати зводимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Втрати в трансформаторах ЦТП

ТП №	К-сть ТР	$S_{н.тр}$, кВА	k_3	$\Delta P_{ТП}$, кВт	$\Delta Q_{ТП}$, кВАр
1	1	1000	0,88	8,43	41,67
2	1	1000	0,86	8,98	42,7
Всього	2	2000	1,94	17,41	84,37

Розрахуємо потужність заводу з врахуванням втрат в ЦТП:

$$P_p = P_{pz} + \sum_{i=1}^n \Delta P_{тр.i} = 1321,63 + 17,41 = 1339,04 \text{ (кВт)};$$

$$Q_p = Q_{pz} + \sum_{i=1}^n \Delta Q_{тр.i} = 951,30 + 84,37 = 1035,67 \text{ (кВАр)}.$$

Для визначення місця розташування ЦРП побудуємо картограму навантажень і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану

підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності

$$P_p = m_p \cdot \pi \cdot r^2, \quad (2.21)$$

де m_p – масштаб побудови, вибирають кратним 1,2,5.

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень: прийнемо радіус круга навантаження цеху 50 м, тоді масштаб побудови визначаємо:

$$m_p = \frac{P_p}{\pi \cdot r^2}, \quad (2.22)$$

де P_p – розрахункова активна потужність цеха, кВт;

r – радіус круга навантаження, м.

Визначаємо масштаб побудови для адміністративного корпусу:

$$m_p = \frac{214,2}{\pi \cdot 50^2} = 0,027 \text{ (кВт/м}^2\text{)}.$$

Вибираємо $m_p = 0,02$ кВт/м². Визначимо радіуси кругів при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{p1}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{214,2}{3,14 \cdot 0,02}} = 58,40 \text{ (м)}.$$

Сектор освітлювального навантаження для адміністративного корпусу складає:

$$\alpha_1 = \frac{360^0 \cdot P_{mo}}{P_{p1}} = \frac{360^0 \cdot 7,20}{214,2} = 12,1^0.$$

Аналогічні розрахунки по інших цехах зводимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Споживачі	X,м	У,м	P _{мо} , кВт	P _р , кВт	r _k , м	α _i , °
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	Адміністративний корпус	90	20	7,20	214,20	58,40	12,10
2.	Цех №1	17	85	15,68	375,68	77,34	15,02
3.	Цех №2	26	22	16,72	331,72	72,68	18,15
4.	Цех №3	90	47	29,26	199,26	56,33	52,86
5.	Цех №4	149	47	20,90	190,90	55,13	39,41
6.	Склад №1	47	92	6,80	23,00	19,14	106,48
7.	Склад №2	72	92	6,80	23,00	19,14	106,48
8.	Контрольно-проп. пункт	122	79	0,73	10,33	12,82	25,41
9.	Магазин	171	6	1,85	23,10	19,18	28,80

Визначаємо координати центру навантажень:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^9 P_{p,i} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^9 P_{p,i}}, \quad (2.23)$$

де $P_{p,i}$ – розрахункова активна потужність i -го цеха, кВт;

X_i – координати абсциси i -го цеха, м.

$$X = \frac{230 \cdot 90 + 450 \cdot 17 + 350 \cdot 26 + 200 \cdot 90 + 200 \cdot 149 + 18 \cdot 47 + 18 \cdot 72 + 12 \cdot 122 + 25 \cdot 171}{230 + 450 + 350 + 200 + 200 + 18 + 18 + 12 + 25} = \frac{93131}{1503} = 61,96 \text{ (м)}.$$

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^9 P_{p,i} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^9 P_{p,i}}, \quad (2.24)$$

де Y_i – координати ординати i -го цеха, м.

$$Y = \frac{230 \cdot 20 + 450 \cdot 85 + 350 \cdot 22 + 200 \cdot 47 + 200 \cdot 47 + 18 \cdot 92 + 18 \cdot 92 + 12 \cdot 79 + 25 \cdot 6}{230 + 450 + 350 + 200 + 200 + 18 + 18 + 12 + 25} =$$

$$= \frac{73760}{1503} = 49,07 \text{ (м)}.$$

В даних координатах повинно розміщуватися будівля ЦРП, проте за цими координатами знаходиться дорога яка з'єднує цехи виробництва. Якщо спорудити будівлю ЦРП за отриманими координатами, можна порушити технологічний процес, тому переміщуємо будівлю ЦРП $X = 51,5$ м, $Y = 50$ м.. будівля ЦРП буде примикатися однією стороною до будівлі цеха №3, що зменшить суму капітальних вкладень в будівництво.

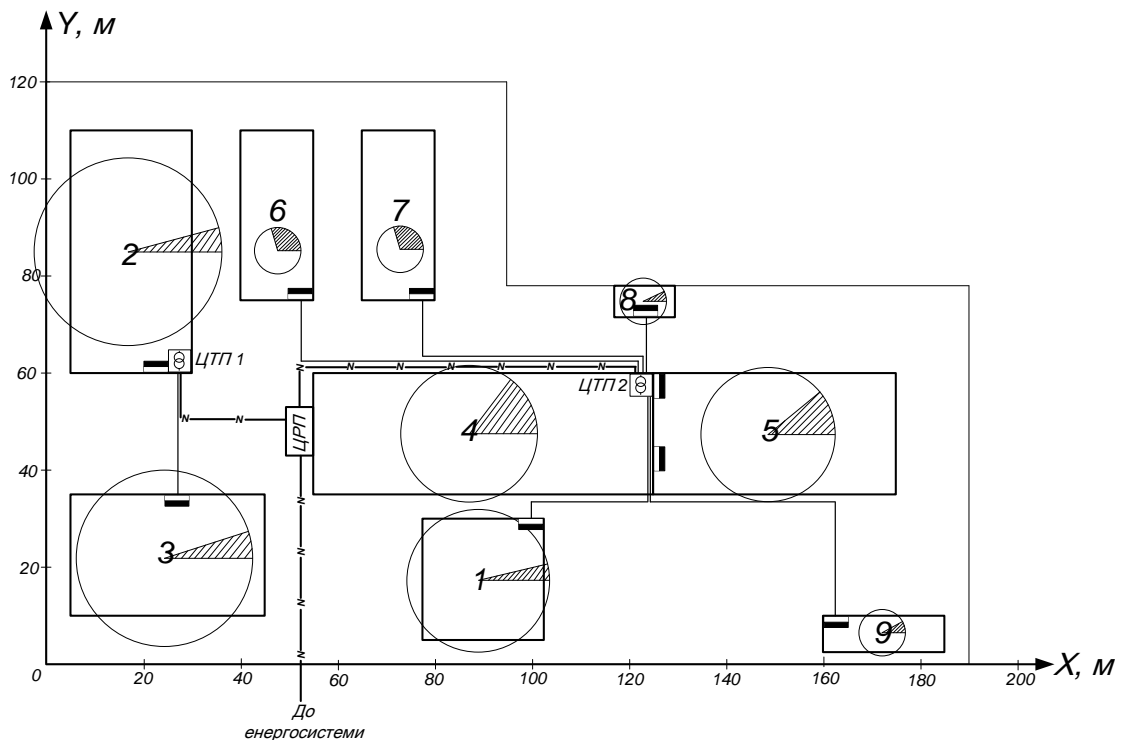


Рисунок 2.1 – Картограма навантажень підприємства

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

Вибираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ.

Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями прокладеними в траншеях.

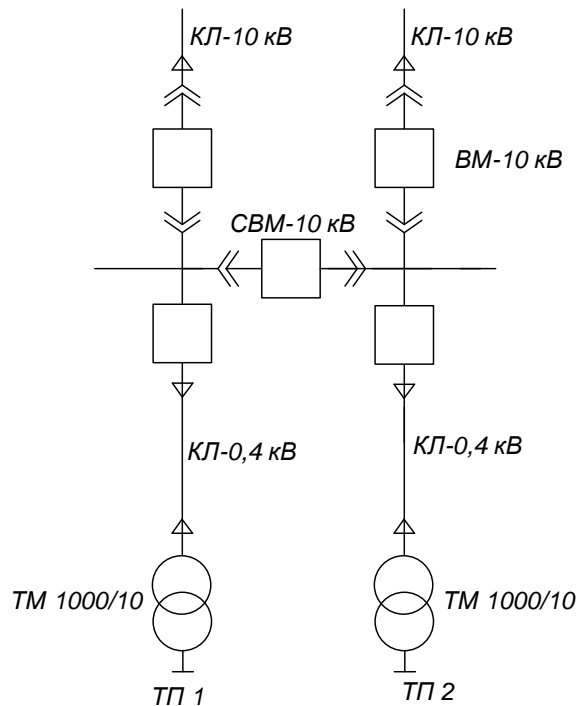


Рисунок 2.2 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.3.1 Вибір провідників і вимикачів заводської мережі

Високовольтні вимикачі вибираємо за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів та можливих нерівномірностей розподілу струмів між лініями і секціями шин:

$$U_{\text{НОМ.В}} \geq U_{\text{НОМ. мережі}}, \quad (2.25)$$

$$I_{\text{НОМ.В}} \geq I_{\text{М.ав}}, \quad (2.26)$$

де $I_{\text{м.ав}}$ - розрахунковий максимальний струм для після аварійного режиму, А.

Розрахуємо струми для нормального і післяаварійного режимів:

- для ТП-1:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{1628,4}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 47 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{м.ав}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,8 \text{ (А)}.$$

- для ТП-2:

-

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{886,34}{\sqrt{3} \cdot 10} = 51,17 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{м.ав}} = \frac{S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3}U_{\text{ном}}} = \frac{1,4 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 80,83 \text{ (А)}.$$

На стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВРС-10-20/630 УЗ з номінальними даними: номінальна напруга вимикача $U_{\text{ном}} = 10$ кВ; номінальний струм вимикача $I_{\text{ном.в}} = 630$ А $> I_{\text{м.ав}}$; номінальний струм відключення $I_{\text{ном.відкл}} = 20$ кА.

Вибір провідників виконуємо за економічною густиною струму. Для кабелів з паперовою ізоляцією $j_{\text{ек}} = 1,6$ А/мм² при $T_{\text{м}} > 1000$.

Визначаємо економічний переріз провідників, наприклад, для ТП1:

$$s_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{м}}}{j_{\text{ек}}} = \frac{47}{1,6} = 29,3 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Для даної мережі вибираємо броньовані кабелі з паперовою ізоляцією і алюмінієвій оболонці типу ААБ. Результати розрахунків приведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	$I_{м.}, А$	$I_{м.ав.}, А$	Вимикач	$I_{ном.в.}, А$	$S_{ек}, мм^2$	Провідник	$I_{доп.}, А$
РП-ТП	22,63	50,92	ВРС-10-20/630У3	630	29,3	ААБ- 3х16	75

2.3.2 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Розрахунок струмів короткого замикання виконується з метою перевірки вибраних вимикачів і провідників. Виконаємо у відносних одиницях, для цього приймемо базисну потужність $S_6=1000$ МВА ; за базисну напругу приймаємо напругу ступеня, на якому виникає КЗ $U_{сер}=10,5$ кВ, потужність КЗ на ТП $S_k = 60$ МВА.

Розрахунок будемо проводити у відносних одиницях:

Базовий струм:

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3}U_6} \quad (2.27)$$

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 \text{ кА} .$$

Опори схеми заміщення відносно базових умов:

Опір системи:

$$X_C = \frac{S_6}{S_K}, \quad (2.28)$$

$$X_C = \frac{1000}{60} = 16,06 \text{ (в.о.)}.$$

Опір кабельної лінії:

$$X_{кл} = 1 \cdot x_0 \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.29)$$

$$X_{\text{КЛ}} = 1,5 \left(0,065^2 \frac{1000}{10,5^2} \right) = 0,057 \text{ (в.о.)}$$

$$R_{\text{КЛ}} = 1 \cdot r_0 \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.30)$$

$$r_{\text{КЛ}} = 1,5 \left(0,549 \cdot \frac{1000}{10,5^2} \right) = 7,46 \text{ (в.о.)}$$

Зобразимо схему заміщення та точку КЗ:

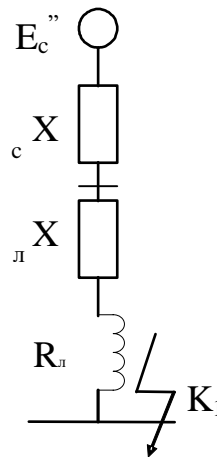


Рисунок 2.3 - Розрахункова схема і схема заміщення вузла мережі

Сумарний опір:

$$Z_2 = \sqrt{X_{\text{КЛ}}^2 + R_{\text{КЛ}}^2}, \quad (2.31)$$

$$Z_2 = \sqrt{0,057^2 + 7,46^2} = 7,45 \text{ (в.о.)}$$

$$x_{\Sigma} = Z_2 + x_c = 7,45 + 16,6 = 24,05 \text{ (в.о.)}$$

$$I_{\text{К}} = \frac{E_c''}{X_{\Sigma}} \cdot I_6, \quad (2.32)$$

$$I_{\text{К}} = \frac{1}{24,05} \cdot 55 = 4,28 \text{ (кА)}$$

Миттєвий ударний струм короткого замикання:

$$i_{уд} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_k, \quad (2.33)$$

$$i_{уд} = 1 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,28 = 6,05 \text{ (кА)}.$$

$$K_{уд} = 1 + e^{-\tau/T_a}, \quad (2.34)$$

$$K_{уд} = 1 + e^{-0,215/0,0003} = 1.$$

$$\tau = t_{відкл} + 0,01 = 0,155 + 0,01 = 0,215.$$

Постійна часу загасання аперіодичної складової:

$$T_a = \frac{X_\Sigma}{\omega \cdot R_\Sigma}, \quad (2.35)$$

$$T_a = \frac{24,05}{314 \cdot 7,45} = 0,102.$$

Найбільше значення струму КЗ за перший період від моменту КЗ:

$$i_y = I_k \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (K_{уд} - 1)^2}, \quad (2.36)$$

$$i_y = 4,28 \sqrt{1 + 2 \cdot (1 - 1)^2} = 4,28 \text{ (кА)}.$$

Потужність короткого замикання:

$$S_K = \sqrt{3} \cdot I_k \cdot U_G, \quad (2.37)$$

$$S_G = \sqrt{3} \cdot 4,28 \cdot 10,5 = 77,83 \text{ (МВА)}.$$

Тепловий імпульс:

$$B_K = I_k^2 (t_{відкл} + T_a), \quad (2.38)$$

$$B_K = 4,28^2 \cdot (0,115 + 0,102) = 4,7 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Проводимо перевірку вимикача ВРС-10-20/630УЗ:

а) на симетричний струм відключення:

$$I_k \leq I_{\text{ном.відк}}; \quad (2.39)$$

4,28кА < 20кА, - умова виконується.

б) на електродинамічну стійкість:

$$i_y \leq i_{\text{дин}}; \quad (2.40)$$

де $i_{\text{дин}}$ - найбільший пік (струм електродинамічної стійкості)[2].

$i_y = 4,28\text{кА} < i_{\text{дин}} = 10\text{кА}$ - умова виконується.

в) на термічну стійкість:

$$B_k \leq I_r^2 \cdot t_T, \quad (2.41)$$

де B_k - тепловий імпульс струму КЗ;

I_r - середньквдратичне значення струму за час його протікання (по каталогу [2]);

t_T - тривалість протікання струму термічної стійкості по каталогу[2].

$4,7 \text{ кА}^2\text{с} < 10^2 \cdot 3 = 300\text{кА}^2\text{с}$, умова виконується.

Перевіримо вибрані кабелі на термічну стійкість:

- для лінії ТП – РП1:

$$S_{\text{ек}} \geq S_{\text{мін}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} \cdot 10^3, \quad (2.42)$$

де $C_T = 92 \cdot A \cdot C / \text{мм}^2$ - для алюмінієвих кабелів.

$$S_{\text{ек}} \geq S_{\text{min}} = \frac{\sqrt{4,7}}{92} \cdot 10^3 = 23,56 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, вибраний кабель ААБ 3х16 не відповідає умовам термічної стійкості, тобто потрібно обрати новий кабель. Вибираємо ААБ 3х25.

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

В залежності від схеми цехові мережі поділяють на радіальні, магістральні та змішані.

Радіальними називають мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія. В радіальних мережах від розподільчого щита ТП відходять лінії живлення щитів станцій управління (ЩСУ), первинних розподільчих пунктів ЕП великої потужності (більше 55 кВт). В свою чергу, від ЩСУ або первинних РП і живляться вторинні РП і ЕП середньої потужності. Від вторинних РП живляться ЕП малої потужності.

В радіальних цехових мережах лінії електропередач виконують кабелями. Радіальні схеми забезпечують високу надійність електропостачання.

Магістральними називають мережі, в яких для передавання електроенергії до декількох споживачів використовується одна лінія електропередач.

В даній роботі вибираємо радіальну схему електропостачання електричних приймачів, виконану кабелями.

Живлення електроприймачів 1,4,5,6,8,14,15,16,17 здійснюється від РП-1.

Живлення електроприймачів 2,3,7,9,10,11,12,13,18 здійснюємо від РП-2.

Живлення розподільчих пунктів РП-1 – РП-2 здійснюється від трансформаторної підстанції.

План електропостачання цеху №4 зображений на рис. 2.4.

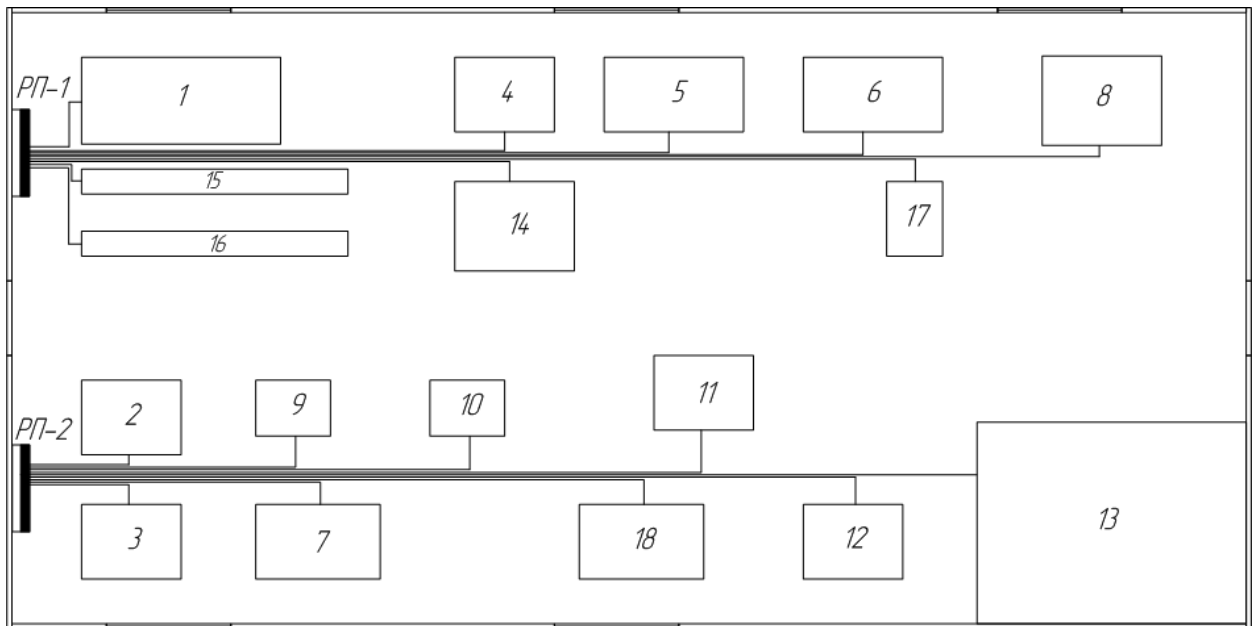


Рисунок 2.4 – План електропостачання цеху

2.4.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Електричні навантаження (активні та реактивні) – найважливіші вихідні дані при проектуванні систем електропостачання промислових підприємств. По величині електричних навантажень вибираються елементи системи електропостачання, уставки захистів, розраховуються компенсації реактивної потужності, рівнів і засобів регулювання напруги, визначаються витрати і втрати електроенергії. У зв'язку з цим фактор точності визначення електричних навантажень при проектуванні набуває особливого значення. Завищення навантажень призводить до збільшення капітальних витрат, заниження – до зменшення надійності роботи системи електропостачання підприємства. В обох випадках приведені витрати на систему електропостачання підприємства будуть більше оптимального значення.

Розрахункові навантаження (на усіх ступенях розподільчих і живлячих

мереж, включно з трансформаторами і перетворювачами) визначаються методом впорядкованих діаграм, який є основним при розробці технічних і робочих проектів електропостачання.

Розрахункова активна потужність P_p відповідає такому тривалому навантаженню струмом I_p , яке еквівалентно очікуваному змінному навантаженню по найбільш тяжкій тепловій дії – максимальній температурі – або тепловому зносу ізоляції.

Розрахункове навантаження умовно приймається рівним імовірному максимальному значенню навантаження P_m за інтервал часу 30 хв. – так званий півгодинний максимум.

З багаточислених випадкових факторів, від яких залежить утворення максимуму P_m , прийнято враховувати вплив лише різниці потужностей окремих електроприймачів. Для цього вводиться поняття про ефективне число електроприймачів n_e – число однорідних по режиму роботи електроприймачів однакової потужності, яке зумовлює ту ж величину, що й група з n різних по потужності і режиму роботи електроприймачів.

Навантаження для промислових електроприймачів розраховують за найбільш завантажену зміну, зазвичай першу.

Всі електроприймачі розбиваються на характерні групи з більш або менш однаковим режимом.

Всі електроприймачі розрахункового цеху відносимо до групи А.

Алгоритм визначення розрахункових навантажень цеху:

1. Складемо схему електропостачання цеха (Рисунок 1.2) й розділимо усі електроприймачі на дві групи:

- зі змінним графіком навантажень $K_n \leq 0,65$ (гр. А);
- з практично постійним графіком навантажень $K_n \geq 0,6$ (гр. Б).

2. Визначаємо відповідно середні активну і реактивну потужності за найбільш завантажену зміну:

$$P_{CM} = K_B \cdot P_H, \quad (2.47)$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{см}}, \quad (2.48)$$

де $P_{\text{см}}$ – середня активна потужність, кВт;

$P_{\text{н}}$ – сумарна встановлена потужність групи електроприймачів, кВт;

$Q_{\text{см}}$ – середня реактивна потужність, кВАр;

$\text{tg}\varphi_{\text{см}}$ – коефіцієнт реактивної потужності за найбільш завантажену зміну.

Для ЕП-1 середня активна та реактивна потужності будуть дорівнювати:

$$P_{\text{см(ЕП-1)}} = 0,45 \cdot 12 = 5,4 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{см(ЕП-1)}} = 5,4 \cdot 0,75 = 4,05 \text{ (кВАр)}.$$

3. Для ЕП з тривалим режимом роботи – $P_{\text{уст}} = P_{\text{н}}$, а для ЕП з повторно-короткочасним режимом:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{н}} \sqrt{\text{ПВ}}, \quad (2.49)$$

де $P_{\text{н}}$ – номінальна потужність ЕП, кВт;

ПВ – відносна тривалість повторного включення, %.

4. Розраховуємо ефективне число ЕП:

$$n_3 = \left(\sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}} \right)^2 / \sum_{i=1}^n P_{\text{Hi}}^2. \quad (2.50)$$

$$n_e = \frac{(1 \cdot 12 + 1 \cdot 4 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 1,2 + 1 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,8 + 1 \cdot 2)^2}{1 \cdot 12^2 + 1 \cdot 4^2 + 2 \cdot 7^2 + 1 \cdot 1,2^2 + 1 \cdot 1,5^2 + 2 \cdot 1,8^2 + 1 \cdot 2^2} = 5,38 \text{ (шт)}.$$

5. Визначаємо розрахункову активну потужність:

$$P_p = K_M \cdot \sum_{i=1}^n K_{Bi} \cdot P_{Hi}, \quad (2.51)$$

$$P_p = 1,14 \cdot (0,45 \cdot 12 + 0,45 \cdot 4 + 0,3 \cdot 7 + 0,4 \cdot 1,2 + 0,45 \cdot 1,5 + 0,4 \cdot 1,8 + 0,3 \cdot 2) = 13,42 \text{ (кВт)}.$$

де K_M – коефіцієнт розрахункового максимуму активної потужності [1].

6. Реактивне розрахункове навантаження:

- при $n_s \leq 10$

$$Q_p = 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n K_{Bi} \cdot P_{Hi} \cdot \text{tg} \phi_{ci}; \quad (2.52)$$

- при $n_s > 10$

$$Q_p = \sum_{i=1}^n K_{Bi} \cdot P_{Hi} \cdot \text{tg} \phi_{ci}. \quad (2.53)$$

$$Q_p = 1,1 \cdot (0,45 \cdot 12 \cdot 0,75 + 0,45 \cdot 4 \cdot 0,75 + 0,3 \cdot 7 \cdot 0,8 + 0,4 \cdot 1,2 \cdot 1,3 + 0,45 \cdot 1,5 \cdot 1 + \\ + 0,4 \cdot 1,8 \cdot 1 + 0,3 \cdot 2 \cdot 0,8) = 10,53 \text{ (кВАр)}.$$

7. Визначаємо повну розрахункову потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.54)$$

$$S_p = \sqrt{13,42^2 + 10,53^2} = 17,06 \text{ (кВА)}.$$

Розрахунок виконуємо окремо для кожного РП. Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.8.

Найменування	п. шт.	Р _{ср} , кВт	пР _{ср} , кВт	Кз	теп.	п.Р., кВт, кВт	п.Р., кВт, кВт, кВт	п.Р., кВт, кВт, кВт	№	Км	Р _{ср} , кВт	Q _{ср} , кВт	S _{ср} , кВт	I _{ср} , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
РП-1														
Група А														
Вольтаж коротко стрижучий (1)	1	12	12	0,45	0,75	5,4	4,05	144			12	9	15,00	24,77
Шпигорізка (4)	1	4	4	0,45	0,75	1,8	1,35	16			4	3	5,00	8,26
Фариспишальна (5,6)	2	7	14	0,3	0,8	4,2	3,36	98			7	5,6	8,96	14,82
Кліпса тор (8)	1	1,2	1,2	0,4	1,3	0,48	0,624	1,44			1,2	1,56	1,97	3,30
Котлетний автомат (14)	1	1,5	1,5	0,45	1	0,675	0,675	2,25			1,5	1,5	2,12	3,54
Стригозна пила (15,16)	2	1,8	3,6	0,4	1	1,44	1,44	6,48			1,8	1,8	2,55	4,25
Догрувач – підйомач (17)	1	2	2	0,3	0,8	0,6	0,48	4			2	1,6	2,56	4,23
Всього по групі А	9	29,5	38,3	0,38		14,595	11,979	272,17	5,38	1,14	13,42	10,53	17,06	25,93
Всього по РП-1	9	29,5	38,3	0,38		14,595	11,979	272,17	5,38	1,14	13,42	10,53	17,06	25,93
РП-2														
Група А														
Блокрізка (2)	1	5	5	0,35	0,75	1,75	1,31	25			5	3,75	6,25	10,32
Куттер (3)	1	10	10	0,4	0,85	4	3,40	100			10	8,5	13,12	21,73
Шпигорізка розривний (7)	1	1,5	1,5	0,35	0,85	0,525	0,45	2,25			1,5	1,275	1,97	3,26
Масажер вакуумний (9,10)	2	2,5	5	0,4	0,7	2	1,40	12,5			2,5	1,75	3,05	5,10
Інжектор багатополочний (11,12)	2	1,2	2,4	0,3	1	0,72	0,72	2,88			1,2	1,2	1,70	2,83
Термокамера внутр. висушка (13)	1	35	35	0,4	1	14	14,00	1225			35	35	49,50	82,57
Станок заповнювачі відгуверних ножів (18)	1	2	2	0,25	0,85	0,5	0,43	4			2	1,7	2,62	4,35
Всього по групі А	9	57,2	60,9	0,38		23,495	21,70	1371,63	2,70	1,45	32,09	22,7	39,31	59,74
Всього по РП-2	9	57,2	60,9	0,38		23,495	21,70	1371,63	2,70	1,45	32,09	22,7	39,31	59,74
Всього по групі А	18	86,7	99,2	0,38		38,09	33,68	1643,8	8,09					
Всього по меху	18	86,7	99,2	0,38		38,09	33,68	1643,8	8,09		45,51	33,24	56,38	85,66

В мережах до 1 кВ переріз провідників перевіряють за допустимим нагріванням і перевіряють за втратою напруги. Для нормальних приміщень:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{М}} \quad (2.55)$$

Відповідно до умов які вказані в ПУЕ, існують такі способи прокладання кабелів:

- від ТП до РП – 1 відкрита прокладка кабелем з алюмінієвими жилами марки АВВГ в стальних рукавах;

- від ТП до РП – 2 відкрита прокладка кабелем з алюмінієвими жилами марки АВВГ в стальних рукавах;

- від РП – 1 до ЕП (1,4,5,6,8,14,15,16,17) алюмінієвим проводом марки АПВ прокладеним в лотках;

- від РП – 2 до ЕП (2,3,7,9,10,11,12,13,18) алюмінієвим проводом марки АПВ прокладеним в лотках;

Знайдемо переріз кабелю від ТП до РП – 1:

$$I_{\text{М}} = \frac{S_{\text{М}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{Н}}}, \quad (2.56)$$

$$I_{\text{М(ТП-РП1)}} = \frac{17,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 25,91 (\text{А}).$$

За нерівністю (2.55) вибираємо для лінії ТП до РП – 1 вибираємо кабель з алюмінієвими жилами марки АВВГ 3x10 + 1x6 прокладеного на стінах з кріпленнями скобами.

Аналогічно робимо для інших ліній. Результати занесемо до таблиці 2.9.

Визначимо спад напруги в цій лінії:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{М}} R_{\text{пит}} + Q_{\text{М}} X_{\text{пит}}}{U_{\text{Н}}} \cdot l, \quad (2.57)$$

де P_M і Q_M – активна та реактивна потужність відповідно;

$R_{\text{пит}}$ і $X_{\text{пит}}$ – питомі опори кабелів, Ом;

l – довжина лінії, м.

$$\Delta U_{\text{ТП-РП1}} = \frac{13,52 \cdot 3,84 \cdot 10^{-3} + 10,43 \cdot 0,088 \cdot 10^{-3}}{0,38} \cdot 6,5 = 0,71 \text{ (В)}.$$

Таблиця 2.9 – Результати розрахунків

Лінія	I_M , А	Тип провідника	Спосіб прокл.	S , мм ²	$I_{\text{доп}}$, А	L , м	ΔU , В
1	2	3	4	5	6	7	8
ТП-РП1	25,91	АВВГ	По стіні скобами	3x10+1x6	65	6,5	0,71
ТП-РП2	59,72	АВВГ	По стіні скобами	3x25+1x16	115	20,5	1,48

Проведемо вибір провідників для ліній від РП – 1 до ЕП (1,4,5,6,8,14,15,16,17), від РП – 2 до ЕП (2,3,7,9,10,11,12,13,18).

Для лінії РП – 1 до ЕП 1.

Розрахункові струми електропостачання ЕП визначаються за формулою:

$$I_{M(\text{РП-ЕП})} = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos j_H \cdot \eta_H}, \quad (2.58)$$

де P_H – номінальна активна потужність ЕП, кВт;

U_H – напруга живлення ЕП, кВ;

η_H – коефіцієнт корисної дії ЕП, %.

$$I_{M(\text{РП1-ЕП1})} = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,92} = 24,77 \text{ (A)}.$$

Для лінії РП – 1 до ЕП1 вибираємо провід з алюмінієвими жилами марки АПВ АПВ 3х6+1х4 прокладеним в лотках.

Аналогічно робимо для інших ліній.

Визначимо спад напруги в цій лінії:

$$\Delta U = \frac{12 \cdot 9,61 \cdot 10^{-3} + 9 \cdot 0,098 \cdot 10^{-3}}{0,38} \cdot 3 = 0,2 \text{ (В)}.$$

Результати занесемо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків

Лінія	I_m , А	Тип провідника	Спосіб прокл.	S , мм ²	$I_{\text{доп}}$, А	L , м
1	2	3	4	5	6	7
РП 1-ЕП 1	24,77	АПВ	В трубах	4(1х6)	27	3
РП 1-ЕП 4	8,26	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	18,4
РП 1-ЕП 5	14,82	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	26
РП 1-ЕП 6	14,82	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	34
РП 1-ЕП 8	3,30	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	43
РП 1-ЕП 14	3,54	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	19
РП 1-ЕП 15	4,25	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	3
РП 1-ЕП 16	4,25	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	6
РП 1-ЕП 17	4,23	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	36
РП 2-ЕП 2	10,32	АПВ	В лотках	4(1х2,5)	15	5
РП 2-ЕП 3	21,73	АПВ	В лотках	4(1х4)	23	5

Продовження таблиці 2.10.

РП 2-ЕП 7	3,26	АПВ	В лотках	4(1x2,5)	15	11
РП 2-ЕП 9	5,10	АПВ	В лотках	4(1x2,5)	15	11,4
РП 2-ЕП 10	5,10	АПВ	В лотках	4(1x2,5)	15	18,6
РП 2-ЕП 11	2,83	АПВ	В лотках	4(1x2,5)	15	28,8
РП 2-ЕП 12	2,83	АПВ	В лотках	4(1x2,5)	15	33,6
РП 2-ЕП 13	82,57	АВГГ	В лотках	4x35	85	38
РП 2-ЕП 18	4,35	АПВ	В лотках	4(1x2,5)	15	25

2.4.2 Вибір комутаційно – захисної апаратури та провідників цехової мережі

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись такі умови:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M, \quad (2.59)$$

$$I_{с.в} \geq K_H I_{П}, \quad (2.60)$$

де $I_{н.розч}$ - номінальний струм розчіплювала;

$I_{с.в}$ - струм спрацювання відсічки;

$K_{відс}$ - коефіцієнт відстроювання, що визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його не спрацювання (повернення) при (після) пуску або само запуску.

Розрахунковий струм окремого електроприймачів, ШР чи РП в цілому:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H}, \quad (2.61)$$

де $U_H = 0,4$ кВ;

K_H - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_{Π} - піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП-1.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_M = \frac{17,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 25,93 \text{ (A)}.$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_{\Pi} = I_M \cdot K_B \cdot I_{H.макс} + I_{\Pi.макс}, \quad (2.62)$$

де $I_{H.макс}$, $I_{\Pi.макс}$ - номінальний і піковий струми найбільш потужних електроприймачів;

K_B - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_{H.макс.} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (2.63)$$

$$I_{\Pi.макс.} = 5 \cdot I_{H.макс.}. \quad (2.64)$$

$$I_{H.макс.} = \frac{17,06}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 25,91 \text{ (A)};$$

$$I_{\Pi.макс.} = 5 \cdot 25,91 = 129,59 \text{ (A)}.$$

Отже, піковий струм електроприймача буде дорівнювати:

$$I_{\Pi} = 25,91 \cdot 0,13 + 129,59 = 129,59 \text{ (A)}.$$

Вибираємо для встановлення на лініях від ТП до РП автоматичні вимикачі серії EB2 з напівпровідниковим розчіплювачем (селективні). Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки для лінії ТП – РП-1:

$$I_{н.розч.} \geq K_{відс.} I_M = 1,0 \cdot 25,91 = 25,91 (A);$$

$$I_{с.в.} \geq K_H I_{II} = 2,1 \cdot 129,59 = 272,15 (A).$$

Значення $K_{відс.}$ і K_H для різних типів вимикачів наведені в таблиці 5.1 [1, с.78].

За розрахованими значеннями струмів вибираємо селективний автоматичний вимикач EB2 з напівпровідниковим розчіплювачем з номінальним струмом вимикача 160 А, номінальним струмом розчіплювача 100,8 А та струмом спрацювання відсічки 201,6 (кратність струму 2).

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії EB2 з напівпровідниковим розчіплювачем для ліній від ТП до РП2.

На лініях, що підходять безпосередньо до електроприймачів вибираємо автоматичні вимикачі серії EB2 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами. Виберемо автоматичний вимикач для лінії від РП-1 до ЕП-1.

Розрахунковий та піковий струми для цих ліній:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = \frac{15,00}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 22,79 (A);$$

$$I_{II} = 5 \cdot I_M = 5 \cdot 22,79 = 113,95 (A).$$

За умовами вибору автоматичних вимикачів розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розч.} \geq K_{відс.} I_M = 1 \cdot 22,79 = 22,79 (A);$$

$$I_{c.в} \cdot K_{II} I_{II} = 2,1 \cdot 113,95 = 239,29 (A).$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач EB2 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами з номінальним струмом вимикача 100 А, номінальним струмом розчіплювача 25 А та струмом спрацювання відсічки 250 А (кратність струму 10).

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ВА 51 з тепловими і електромагнітними розчіплювачами для решти ліній, що підходять безпосередньо до електроприймачів.

Відповідно вимог правил влаштування електроустановок для всіх ліній вибираємо прокладку алюмінієвими проводами в полівінілхлоридній ізоляції АПВ в лотках.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 - Вибір комутаційно – захисної апаратури та провідників цехової мережі

Лінія	I_M, A	$S_M, кВА$	I_{II}, A	Тип зах. облад.	$I_{ном}, A$	$I_{н.розч(роз)}, A$	$I_{н.роз}, A$	$I_{c.в.(роз)}, A$	$I_{c.в}, A$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ТП – РП 1	25,93	17,06	129,64	EB2 160/3S	160	28,5	100,8	194,4	201,6
ТП – РП 2	59,74	39,31	274,42	EB2 160/3S	160	65,71	100,8	411,63	548,84
РП1–ЕП 1	22,79	15,00	113,95	EB2 100/3S	25	22,79	25	239,3	250
РП1–ЕП 4	7,59	5,00	37,98	EB2 100/3S	25	7,59	10	79,75	100
РП1–ЕП 5	13,61	8,96	68,05	EB2 100/3S	25	13,61	16	142,9	160
РП1–ЕП 6	13,61	8,96	68,05	EB2 100/3S	25	13,61	16	142,9	160
РП1–ЕП 8	2,99	1,97	14,96	EB2 100/3S	25	2,99	6,3	31,4	44,1
РП1–ЕП 14	3,22	2,12	16,1	EB2 100/3S	25	3,22	6,3	33,82	44,1
РП1–ЕП 15	3,87	2,55	19,3	EB2 100/3S	25	3,87	6,3	40,6	44,1

Продовження таблиці 2.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП1-ЕП 16	3,87	2,55	19,3	ЕВ2 100/3S	25	3,87	6,3	40,6	44,1
РП1-ЕП 17	3,88	2,56	19,44	ЕВ2 100/3S	25	3,88	6,3	40,8	44,1
РП2-ЕП 2	9,49	6,25	47,47	ЕВ2 100/3S	25	9,49	10	99,7	100
РП2-ЕП 3	19,9	13,12	99,66	ЕВ2 100/3S	25	19,9	25	209,3	250
РП2-ЕП 7	2,99	1,97	14,96	ЕВ2 100/3S	25	2,99	6,3	31,4	44,1
РП2-ЕП 9	4,63	3,05	23,16	ЕВ2 100/3S	25	4,63	6,3	48,65	63
РП2-ЕП 10	4,63	3,05	23,16	ЕВ2 100/3S	25	4,63	6,3	48,65	63
РП2-ЕП 11	1,55	1,70	7,78	ЕВ2 100/3S	25	1,55	6,3	16,3	44,1
РП2-ЕП 12	1,55	1,70	7,78	ЕВ2 100/3S	25	1,55	6,3	16,3	44,1
РП2-ЕП 13	75,2	49,50	376,03	ЕВ2 100/3S	100	75,2	80	789,6	800
РП2-ЕП 18	3,98	2,62	19,9	ЕВ2 100/3S	25	3,98	6,3	41,79	44,1

Перевіримо втрати напруги на найбільш віддалених споживачах:

$$\Delta U = \frac{P_{\text{пит}} R_{\text{пит}} + Q_{\text{пит}} X_{\text{пит}}}{U_{\text{ном}}} \quad (2.66)$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП}} = \Delta U_{\text{ТП-РП}} + \Delta U_{\text{РП1-ЕП}} \quad (2.67)$$

- для ЕП 8:

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП8}} = \Delta U_{\text{ТП-РП1}} + \Delta U_{\text{РП1-ЕП8}};$$

$$\Delta U_{\text{ТП-РП1}} = \frac{13,42 \cdot 3,84 \cdot 10^{-3} + 10,63 \cdot 0,088 \cdot 10^{-3}}{0,38} \cdot 6,5 = 0,71 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{РП1-ЕП8}} = \frac{1,2 \cdot 9,86 \cdot 10^{-3} + 0,72 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{0,4} \cdot 43 = 1,27 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП8}} = 0,71 + 1,27 = 1,98 \text{ (В)}.$$

$$\Delta U_{\text{ТП-ЕП8}} = \frac{1,98}{380} \cdot 100\% = 0,52\% - \text{ дана втрата напруги є допустима.}$$

2.4.3 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Розрахунок струмів короткого замикання проводиться з метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності.

Виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки ТП-РП1-ЕП1.

Складемо розрахункову схему:

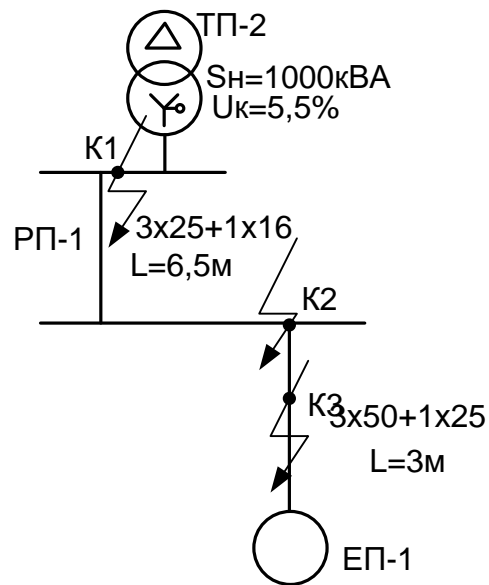


Рисунок 2.5 - Розрахункова схема мережі

Номінальна потужність трансформатора: $S_{\text{ном.т}} = 1000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Опори трансформатора: $R_{\text{т}} = 1,9 \text{ мОм}$, $X_{\text{т}} = 8,6 \text{ мОм}$.

Комутаційна здатність вимикачів перевіряється за умовою:

$$I_{\text{н.відк}} \geq I_{\text{ксер}}^{(3)}, \quad (2.68)$$

Розрахуємо струм трифазного КЗ на шинах ТП:

$$I_{K1\max}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}, \quad (2.69)$$

де Z_{Σ} – повний опір трансформатора.

$$I_{K1\max}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{1,9^2 + 8,6^2}} = 26,15 \text{ (кА)}.$$

Розрахуємо струм трифазного КЗ на шинах ТП з урахуванням струмообмежувального ефекту дуги:

$$I_{KR1}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_H}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\Sigma} + R_{\text{пер}})^2 + X_{\Sigma}^2}}, \quad (2.70)$$

де $R_{\text{пер}}$ – перехідний опір для РП ТП ($R_{\text{пер}} = 0,015$).

$$I_{K1\max}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,9 + 15)^2 + 8,6^2}} = 12,14 \text{ (кА)}.$$

Тоді

$$I_{K\text{ср}}^{(3)} = \frac{I_{K1\max}^{(3)} + I_{KR1}^{(3)}}{2}, \quad (2.71)$$

$$I_{K\text{ср}}^{(3)} = \frac{12,14 + 26,14}{2} = 19,14 \text{ (кА)}.$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки на ТП, умовам комутаційної здатності відповідають:

$$I_{\text{н.відк}} = 32,5 \text{ (кА)} > I_{K1}^{(3)} = 12,14 \text{ (кА)}.$$

3 НЕСИНУСОЇДНІСТЬ НАПРУГИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

3.1 Вплив несинусоїдності напруги на електрообладнання

Несинусоїдність напруги впливає на роботу всіх видів електроприймачів. Викликано це не тільки тепловим додатковим нагріванням ЕП від вищих гармонік струму, але й тим, що вищі гармоніки утворюють складові прямої послідовності (1, 4, 7-а й т.д.), зворотної послідовності (2, 5, 8-а й т.д.) і нульової послідовності (гармоніки кратні трьом). Ці послідовності розрізняються порядком чергування фаз напруги (струму), чим і викликане розходження в їхньому впливі на роботу електроприймачів. Зокрема, струми нульової послідовності створюють додаткове підмагнічування сталі в електричних машинах, що приводить до погіршення характеристик цих ЕП і додатковому нагріванню статорів АД й магнітопроводів трансформаторів. Звичайно вищі гармоніки напруги, додаючись із основною гармонікою, сприяють підвищенню діючого значення напруги на затискачах ЕП.

Вищі гармоніки напруги й струму несприятливо впливають на електроустаткування, створюючи додаткові втрати в електричних машинах, трансформаторах і мережах, погіршуючи умови роботи конденсаторних батарей (КБ), скорочуючи термін служби ізоляції електричних машин й апаратів, підвищуючи аварійність у кабельних мережах, викликаючи збої в роботі систем релейного захисту, автоматики, телемеханіки й зв'язки.

Вищі гармоніки напруги й струму впливають також на значення коефіцієнта потужності, обертового моменту електродвигунів. Однак зниження цих характеристик, навіть для коефіцієнту спотворення форми кривої напруги 10-15 %, виявляється досить невеликим. Рівень додаткових активних втрат від вищих гармонік в основних мережах електричних систем становить кілька відсотків від втрат при синусоїдальній нарузі. У мережах підприємств, великих промислових центрів, а також мережах

електрифікованого залізничного транспорту ці втрати можуть досягати 10-15 % основних технічних втрат.

У багатьох випадках в електричних мережах різних напруг із джерелами гармонік батареї конденсаторів виходять із ладу внаслідок перевантаження за струмом. В умовах промислових підприємств конденсатори сприяють створенню умов резонансу струмів або напруг на частоті якої-небудь із гармонік, що приводить до небезпечного перевантаження їх за струмом або напругою. У тягових і промислових електромережах з перетворювачами такі перевантаження зафіксовані при резонансі на гармоніках 40-50-го порядку, у мережах з електродуговими печами й зварювальними установками – на гармоніках 3-7-го порядку.

Особливо чутливі до появи вищих гармонік конденсаторні батареї й кабелі. У конденсаторах втрати пропорційні частоті прикладеної напруги $\Delta P_{(n)} = U_{(n)}^2 n \omega C \operatorname{tg} \delta$, що й приводить до їхнього додаткового нагрівання. Обмеження по додатковому нагріванню КБ задані припустимим збільшенням діючої на його затискачах напруги до 10 % $U_{НОМ}$ і діючого значення струму до 30 % $I_{НОМ}$.

Крім того, збільшення коефіцієнта спотворення синусоїдної форми кривої напруги K_u приводить до старіння ізоляції, якість якої характеризується $\operatorname{tg} \delta$. Робота КБ із $K_U = 5$ % протягом 2 років приводить до збільшення $\operatorname{tg} \delta$ в 2 рази.

Аналогічно сприйнятливі до вищих гармонік кабелі, якість діелектрика яких характеризується струмом витоку, що визначає втрати в ізоляції кабелю. Вимірами встановлено, що при $K_U = 6,85$ % за 2,5 роки струм витоку зростає на 36 %, а через 3,5 роки на 43 %.

При несинусоїдній напрузі спостерігається прискорене старіння ізоляції електричних машин, трансформаторів, конденсаторів і кабелів у результаті підвищеного нагрівання струмоведучих частин, а також необоротних фізико-хімічних процесів, що протікають під впливом електричних полів, створюваних вищими гармоніками струму.

Виникнення й вплив вищих гармонік у північних широтах, близьких до магнітного полюса Землі, має специфічні особливості [5.8]. Під час магнітних бур, що розвиваються в період підвищеної сонячної активності, на поверхні землі збуджується електричне поле, що повільно змінюється, напруженістю 1-6 В/км і періодом до 30 хв; вектор напруженості цього поля орієнтований по меридіані. Між заземленими точками трансформаторів з'являється значна різниця потенціалів. При довжині лінії 400-500 км значення напруги може досягати 1 кВ, і по електричних мережах циркулює практично постійний струм. Внаслідок насичення сталі трансформаторів різко зростають струми, що намагнічують, у кривих яких переважають 3-я й кратні їй гармоніки. Струм 3-ї гармоніки, значення якого досягає 100 А, також циркулює по мережі. У результаті різко зростає негативний вплив ПЛ на лінії зв'язку й релейний захист, збільшується споживання реактивної потужності й знижується напруга в мережі.

За кордоном для запобігання циркуляції постійних струмів у мережі під час магнітних бур у нейтралі трансформаторів включають конденсатори.

Для оцінки додаткових втрат потужності, зумовлених вищими гармоніками струму, можуть бути використані розрахункові методи, наведені в [10]. Ці розрахунки показали, що для асинхронних двигунів втрати активної потужності при несинусоїдній напрузі незначні. Такий ефект можна пояснити тим, що струми вищих гармонік не проникають в обмотку статора АД через те, що вона є досить більшим опором, і тим більшим, ніж більше порядок гармоніки. Крім того, амплітуди гармонік напруги істотно убувають із ростом порядку гармоніки. Виключення можуть представляти явища, пов'язані з резонансами напруг.

На промислових підприємствах, як показали обстеження, перегрів АД в мережах з більшим рівнем вищих гармонік напруги ($K_U = 10 \div 15\%$) не спостерігався ні для зниженому, ні для номінальному навантаженні.

У синхронних машинах (СМ), як показують розрахунки й досвід експлуатації, основна частка втрат припадає на обмотку ротора, що, як

відомо, може бути або шихтованою, або масивною. Шихтований ротор має більший опір, так що навіть при $K_U = 10 \div 15\%$ додаткові втрати в ньому не перевершують декількох відсотків припустимого рівня втрат, які становлять 0,25– 0,4 % номінальної потужності машини. У всякому разі перегрів синхронних явнополюсних двигунів потужністю 1000 кВт і більше із шихтованим ротором не спостерігався. Навпаки, у синхронних машинах з масивним неявнополюсним ротором нагрівання від вищих гармонік може перевищувати припустимі значення, що, може привести до ушкодження обмотки збудження. Ротор такої конструкції застосовують у синхронних компенсаторах і турбогенераторах.

Як відомо, нагрів електричних машин багато в чому визначається системою вентиляції й охолодження обмоток, що у явнополюсних машин більш ефективна, ніж у машин із гладким ротором.

3.2 Аналіз результатів дослідження якості електричної енергії

Використовувані прилади та засоби вимірювання: цифровий осцилограф Tektronix TDS 1001B. [9]



Рисунок 3.1 – Цифровий осцилограф Tektronix TDS 1001B

Місце проведення вимірювань: кола живлення 0,4 кВ, вихідні шини 0,4 кВ трансформатора Т1 КТП 2 та входні кола 10 кВ трансформаторної підстанції ТП1.

Методика проведення вимірювань: вхід цифрового осцилографа Tektronix TDS 1001В підключався до силової контрольованої мережі через проміжний трансформатор під час вимірювання фазних напруг 0,4 кВ і вимірювальний трансформатор напруги і проміжний трансформатор для фазних напруг мережі 10 кВ. Вимірювання проводились окремо в фазі А, фазі В і фазі С.

Результати вимірювань:

Відхилення напруги на затискачах електрообладнання підприємства з знаходиться в межах гранично допустимих значень згідно ГОСТ 13109-97.

Несинусоїдність. Найгірша картина виявлена в КТП2 на шинах 0,4 кВ Т1. Але не зважаючи на певну несинусоїдність величина виявлених гармонік не перевищує норм ГОСТ 13109-97 для мережі 0,38 кВ за коефіцієнтом n -ої гармонічної складової напруги (для п'ятої гармоніки $K_{(5)}=3,5\%$ при нормі 6%).

На рисунку 3.2 наведена осцилограма напруги на шинах 0,4 кВ Т1 КТП2.

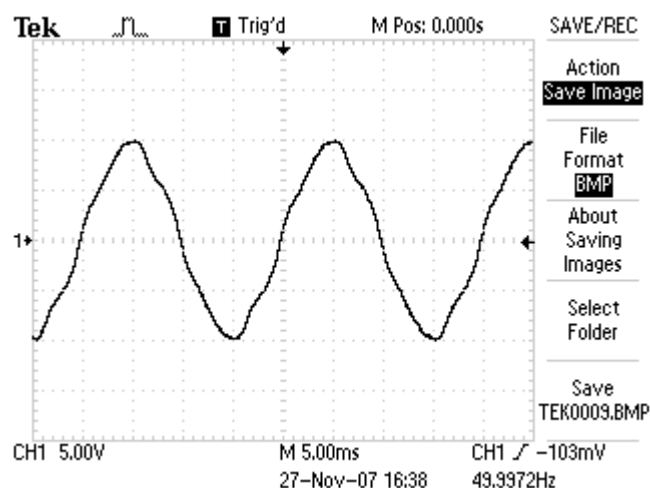


Рисунок 3.2 – Осцилограма напруги на шинах 0,4 кВ Т1 КТП2 (фаза А)

На рисунку 3.3 показано склад гармонік в сигналі напруги. Як бачимо найбільшою є 5-та гармоніка 250 Гц.

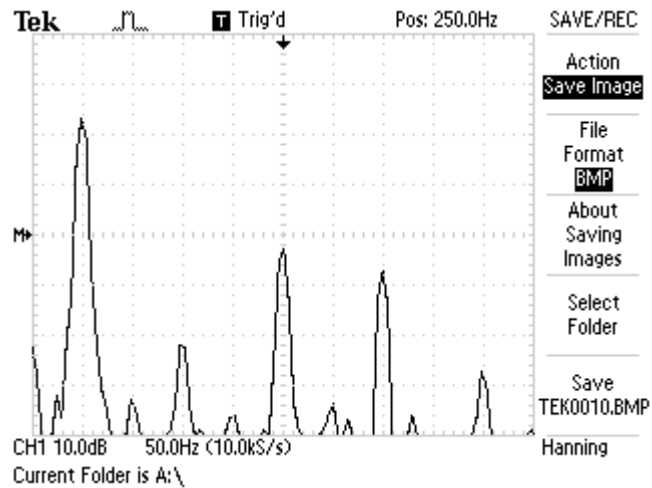


Рисунок 3.3 – Склад гармонік фази А

На рисунку 3.4 показано форму сигналу на фазі В в колі живлення 0,4 кВ.
 На рисунку 3.5 – склад гармонік фази В.

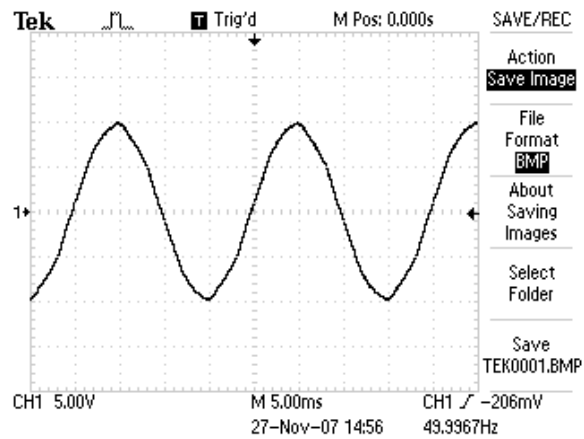


Рисунок 3.4 – Форму сигналу на фазі В в колі живлення 0,4 кВ

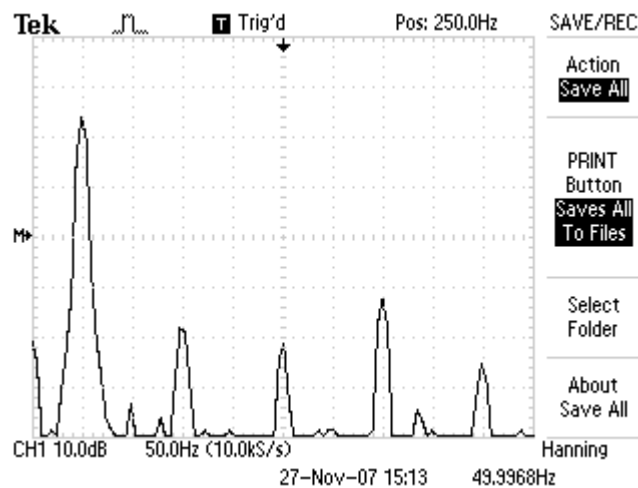


Рисунок 3.5 – Склад гармонік фази В

На рисунку 3.6 показано склад гармонік фази В в колі живлення 0,4 кВ.

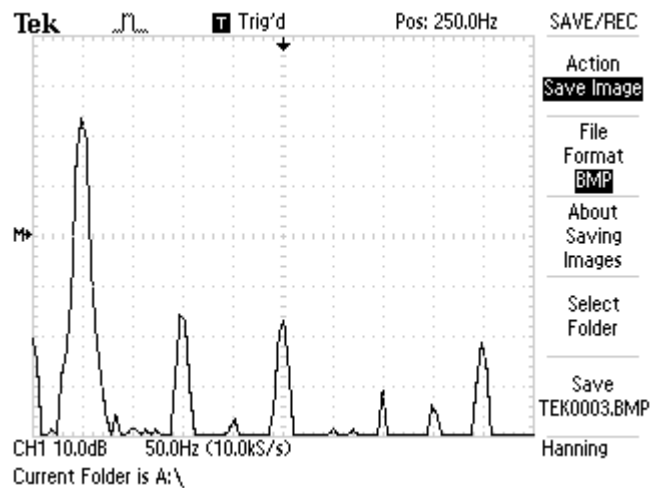
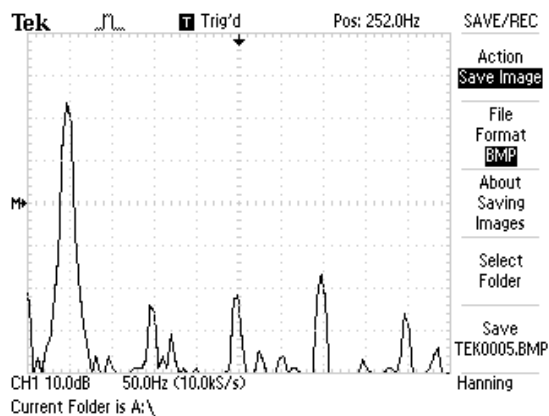


Рисунок 3.6 – Склад гармонік фази В в колі живлення 0,4 кВ



На рисунку 3.7 показано склад гармонік фази В в колі живлення 0,4 кВ

Висновки:

Оцінка відповідності показників якості електроенергії нормам ГОСТ 13109-97 буде більш достовірною, якщо буде виконуватись протягом 24 годин в робочі і вихідні дні. Рекомендована загальна тривалість вимірювань має бути не менше 7 діб.

Спостерігаючи пуски двигунів КТП2 можна зробити висновок про необхідність заміни сухих трансформаторів ТС-1000/10-У3 на маслонаповнені, які здатні витримувати більші рівні перевантажень.

Для запобігання перегріву трансформаторів при роботі в неповнофазних режимах пропонуємо заміни комірки з вимикачами навантаження ВН-10 на комірки з вакуумними вимикачами та захистом від струмів КЗ, перевантаження та неповнофазних режимів.

Для спостереження за показниками якості електроенергії пропонуємо використовувати мікропроцесорні реєстратори та цифровий осцилограф, наприклад, Tektronix TDS 1001B.

З метою зменшення аварійності та підвищення надійності обладнання підприємства пропонуємо продовжити дослідження для виявлення реальних величин пускових струмів в обмотках трансформаторів при різних пускових ситуаціях (груповий пуск, самозапуск, частий пуск окремих двигунів тощо), та дослідити можливість виникнення резонансів струму та напруг в колах силових трансформаторів та батарей статичних конденсаторів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У бакалаврській роботі розробляється система електропостачання підприємства. Підприємство відноситься до II категорії електропостачання, живлення здійснюється від двох підстанцій 10/0,4 кВ.

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання заводу, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-74:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 x 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. 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;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

3) Електрозахисні засоби захисту

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

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. 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;

показчики 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 по обслуговуванню електрообладнання.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ".

Розшиновку або від'єднання кабелю 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 (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах 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, збірок 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, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені. 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. При виконанні роботи по розпорядженню на повторний допуск розпорядження дається заново.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 4.1 - Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

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 нижче

оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню роботою передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Таблиця 4.2- Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Окис вуглецю		20	4
Пилрослинного і тваринного походження	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати металевий пил як найчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.
- принаймні, двічі в рік проводити генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пилососа.
- при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, цеповинне прийматися в увагу при продувках.

Планувати продувки або прибирання так щоб вони приходилось на час коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

4.2.3 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 пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Характеристика зорової роботи при виконанні - роботи середньої точності;

Розряд - IV;

Підрозряд зорової роботи - в;

Контраст об'єкту розпізнавання - середній;

Характеристика фону - світлий;

Бокове КЕО, %:

- природне 1,5;
- суміщене 0,9.

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 бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_n \cdot m_n,$$

де e_n - значення КЕО для будинків;

m_n - коефіцієнт сонячності клімату - 0,85, вікна зорієнтовані на захід.

Природне: $e_n = 1,5 \cdot 0,85 = 1,3 \% ,$

суміщене: $e_n = 0,9 \cdot 0,85 = 0,9 \% .$

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, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

загальне -150 лк; комбіноване – 300 лк.

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

4.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P -звуковий тиск, Па;

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

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньо геометричною 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 «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 4.3 –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. 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

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $\text{м/с} \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих 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;

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

4.3 Пожежна безпека

Приміщення м'ясопереробного цеху відносять до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані.

Будівля цеху характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах огнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Межі вогнестійкості занесені у таблицю 6.5

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

Таблиця 4.5 - Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, косоури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
III	1/0	0,5/0	0,2/40	0,2/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

В таблиці 4.6 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх огнестійкості

Таблиця 4.6 - Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	1	2.5
		2	0.75
2	Протипожежні перегородки	1	0.75
		2	0.25
3	Протипожежні перекриття	1	2.5
		2	1
		3	0.75
4	Протипожежні вікна і двері	1	1.2
		2	0.6
		3	0.25

В таблиці 4.7 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху і межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 4.7 - Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , будівель		
			Одноповерхових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
В	1	ІІІ	не обмежується		
			-	-	-

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до ІІІ ступеня вогнестійкості становлять 12 м.

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

М'ясопереробний цех ковбасного заводу обладнаний протипожежним водогоном. Площа становить 542 м², необхідно встановити біля входу 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3шт., ящик з піском - 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м х 2м - 1шт., гаки - 3 шт., лопати - 2шт., лопати - 2шт., сокири - 2шт.

Ящик для піску повинен мати місткість 3.0 м³ та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність дістання піску та виключати попадання опадів.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі було розроблено систему електропостачання ТОВ «Черкаська м'ясна компанія» .

В результаті розраховано електричні навантаження підприємства та цеху з врахуванням коефіцієнтів використання, коефіцієнтів попиту, коефіцієнту одночасності, коефіцієнтів питомого освітлення.

Було вибрано перерізи живлячих ліній від ЦРП до електроприймачів, враховуючи лінії від ЦТП та РП, високовольтні вимикачі та вимикачі цехової мережі. На основі результатів розрахунку коротких замикань зроблено висновки про правильність вибору комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової і заводської мереж.

Обрана схема електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

В науково-дослідній частині бакалаврської дипломної роботи розглянуто питання аналізу несинусоїдності напруги в електричних мережах підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник з дисципліни «Електропостачання». – Вінниця: ВДТУ. 2002. – 140с.
2. Бурбело М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник / Бурбело М.Й. - Вінниця : ВНТУ, 2017. - 123 с.
3. Бурбело М. Й. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків: Навчальний посібник з грифом МОНмолодьспорт України / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук. - Вінниця: ВНТУ, 2011. - 204 с.
4. Справочник по проектированию электроснабжения / Под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 576 с.
5. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Под общ. ред. А.А.Федорова и Г.В. Сербиновского. Кн.2. Технические сведения об оборудовании. – М.: «Энергия», 1974. – 528 с.
6. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
7. Маркушевич Н.С., Солдаткина Л.А. Качество напряжения в городских электрических сетях. Под ред. Н.А. Мельникова. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Энергия, 1975. – 256 с
8. Електронний журнал «Наукові праці ВНТУ» – Режим доступу до журн.: <http://www.nbuu.gov.ua>
9. Електронний ресурс «Інструкція по експлуатації TDS1000B » - Режим доступу до ресурсу: <https://masteram.com.ua/ru/tektronix-tds1001b-digital-oscilloscope/>
10. Жижеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, Изд. 6-е, перераб. и доп. 2010. – 366с.
11. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення - [Електронний

ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/prirodne-i-shtuchne-osvitlennja-nor8425.html>

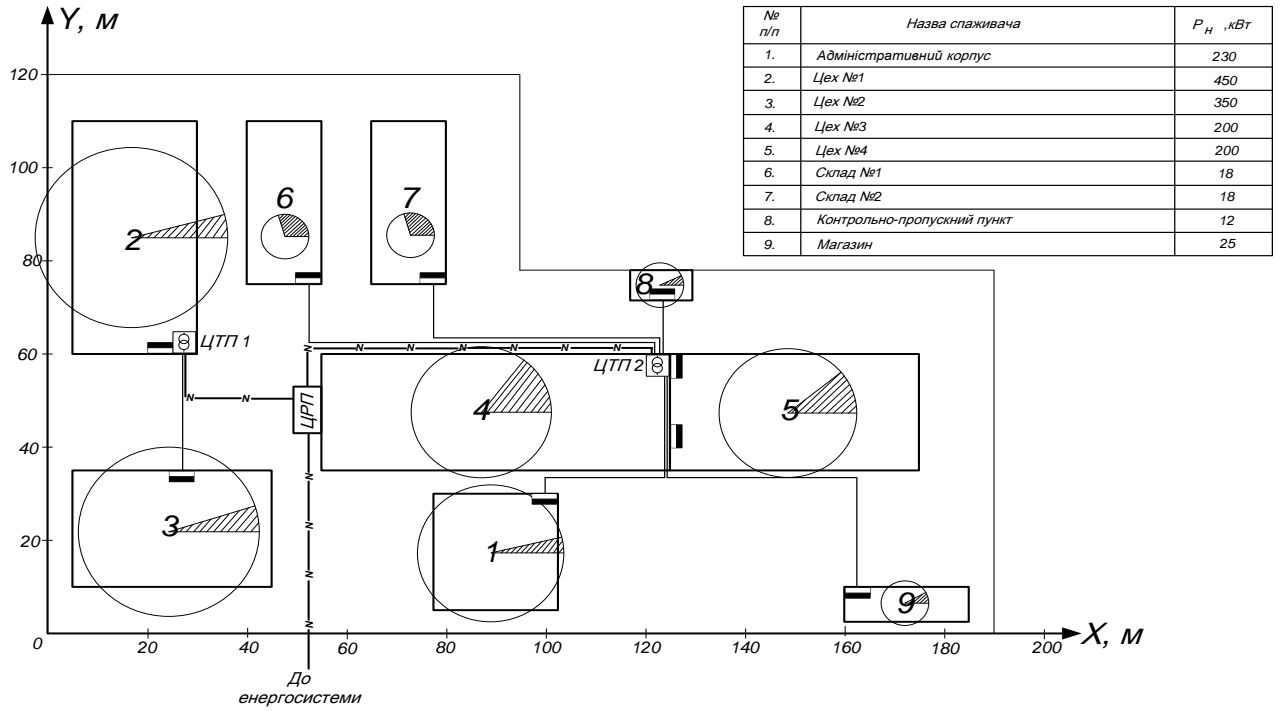
12. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

13. СанПіН 2.2.2 542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. - [Електронний ресурс] - Режим доступа: <http://www.gippokrat.ru/help/sanpin96.php>

ДОДАТКИ

Додаток А

Генплан підприємства

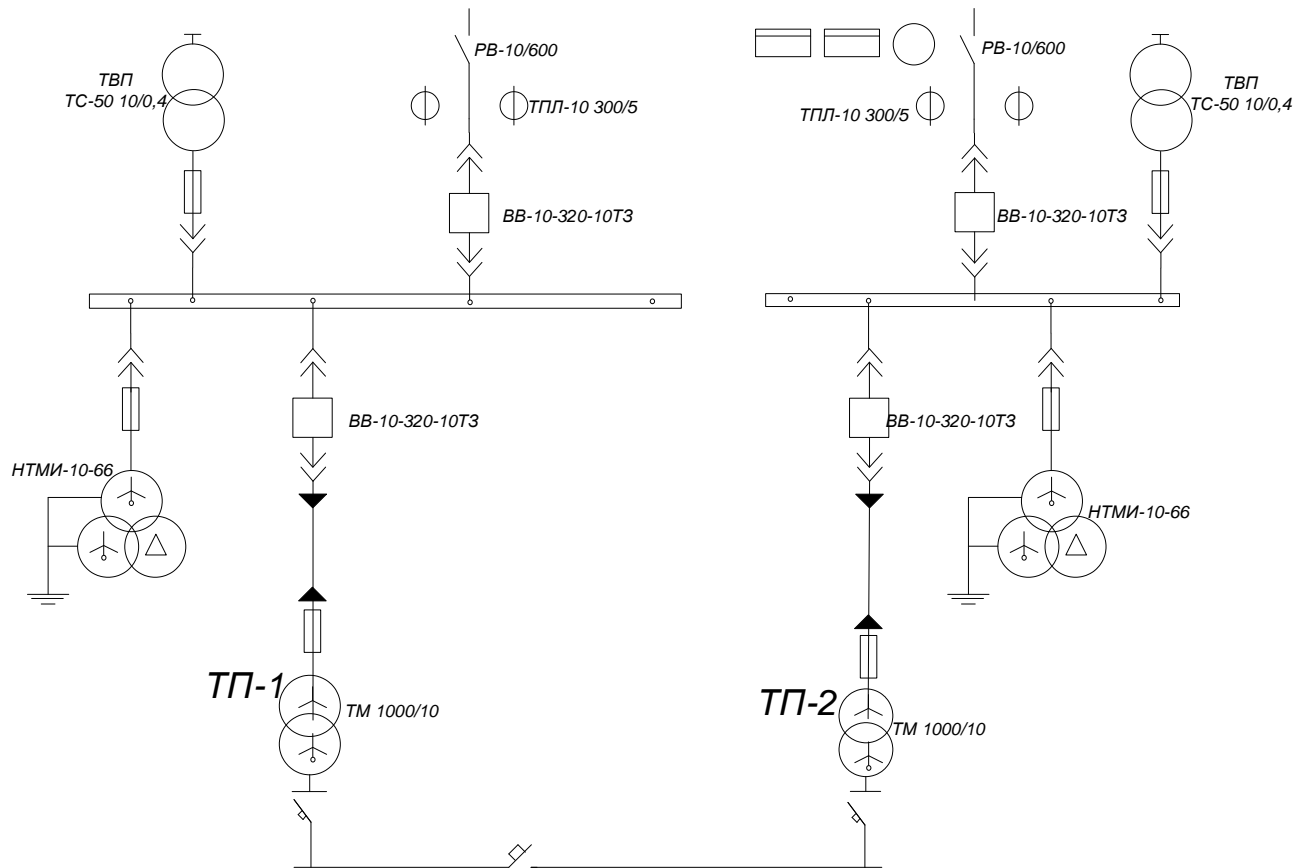


Таблиця умовних позначень

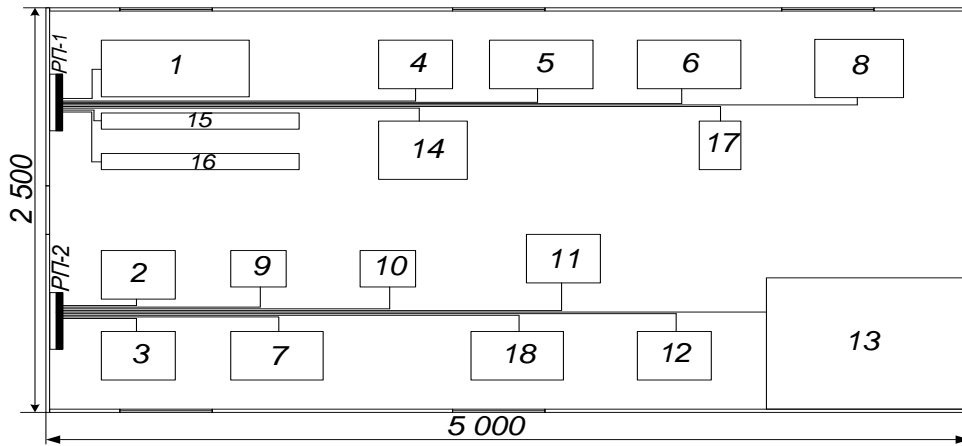
Позначення	Найменування
	Трансформаторна підстанція
	Розподільчий пристрій
	Кабельні лінії 10 кВ
	Кабельні лінії 0,4 кВ

Додаток Б

Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток В
План цеху №4



№	Назва споживача	К-сть	Р _{н,кВт}
1	Волчок короткостригучий	1	32,2
2	Блокорізка	1	5
3	Куттер	1	22
4	Шпигорізка	1	4
5	Фаршемішалка	1	7
6	Фаршемішалка	1	7
7	Шпритц роторний	1	1,5
8	Кліпсатор	1	1,2
9	Массажер вакуумний	1	2,5
10	Массажер вакуумний	1	2,5
11	Інектор багатоголочний	1	1,2
12	Інектор багатоголочний	1	1,2
13	Термокамера копт.-варочна	1	1,2
14	Котлетний автомат	1	1,5
15	Стрічкова пилка	1	1,8
16	Стрічкова пилка	1	1,8
17	Погрузчик - підіймач	1	2
18	Станок заточний д/куттерних ножів	1	2

Додаток Г

Розрахункова монтажна таблиця

Тип вимикача	$I_{нр}$, А	$I_{нр(розч)}$, А	$I_{ср}$, А	$I_{нр}$, А	L, м	Кабель	$I_{нр}$, А	Р	Тип вимикача	$I_{нр}$, А	$I_{нр(розч)}$, А	$I_{ср}$, А	$I_{нр}$, А	L, м	Кабель	Спосіб прокладання	$I_{нр}$, А	№ споживача	Кількість	Назва споживача
EB2 160/3S	160	100	201	24,93	6,5	АВВГ 3x25+1x16	115	РП-1	EB2 100/3S	25	25	250	22,79	3	АПВ 4(1x6)	В лотках	120	1	1	Волчок короткостригуний
									EB2 100/3S	25	10	100	7,59	18,4	АПВ 4(1x6)	В лотках	27	4	1	Шліворізка
									EB2 100/3S	25	16	160	13,61	26	АПВ 4(1x10)	В лотках	37	5	1	Фаршемішалка
									EB2 100/3S	25	16	160	13,61	34	АПВ 4(1x10)	В лотках	37	6	1	Фаршемішалка
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	2,99	43	АПВ 4(1x2,5)	В лотках	19	8	1	Кліпсатор
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	3,22	19	АПВ 4(1x2,5)	В лотках	19	14	1	Котлетний автомат
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	3,87	3	АПВ 4(1x2,5)	В лотках	21	15	1	Стрічкова пилка
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	3,87	6	АПВ 4(1x4)	В лотках	21	16	1	Стрічкова пилка
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	3,88	36	АПВ 4(1x4)	В лотках	21	17	1	Погразчик - підіймач
									EB2 100/3S	25	10	100	9,49	5	АПВ 4(1x6)	В лотках	30	2	1	Блокорізка
									EB2 100/3S	25	25	250	19,9	5	АПВ 4(1x25)	В лотках	70	3	1	Куттер
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	2,99	11	АПВ 4(1x4)	В лотках	21	7	1	Шпритц роторний
									EB2 100/3S	25	6,3	63	4,63	11,4	АПВ 4(1x4)	В лотках	21	9	1	Массажер вакуумний
									EB2 100/3S	25	6,3	63	4,63	18,6	АПВ 4(1x4)	В лотках	21	10	1	Массажер вакуумний
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	1,55	28,8	АПВ 4(1x2,5)	В лотках	19	11	1	Інектор багатоігольний
									EB2 100/3S	25	6,3	44,1	1,55	33,6	АПВ 4(1x2,5)	В лотках	19	12	1	Інектор багатоігольний
									EB2 100/3S	100	80	800	75,2	38	АВВГ 4x50	В лотках	120	13	1	Термокамера копт.-варочна
EB2 100/3S	25	6,3	44,1	3,98	25	АПВ 4(1x4)	В лотках	21	18	1	Станок заточний д/куттерних ножів									

Додаток Д

Аналіз результатів дослідження якості електричної енергії



Рисунок 1- Цифровий осцилограф Tektronix TDS 1001B

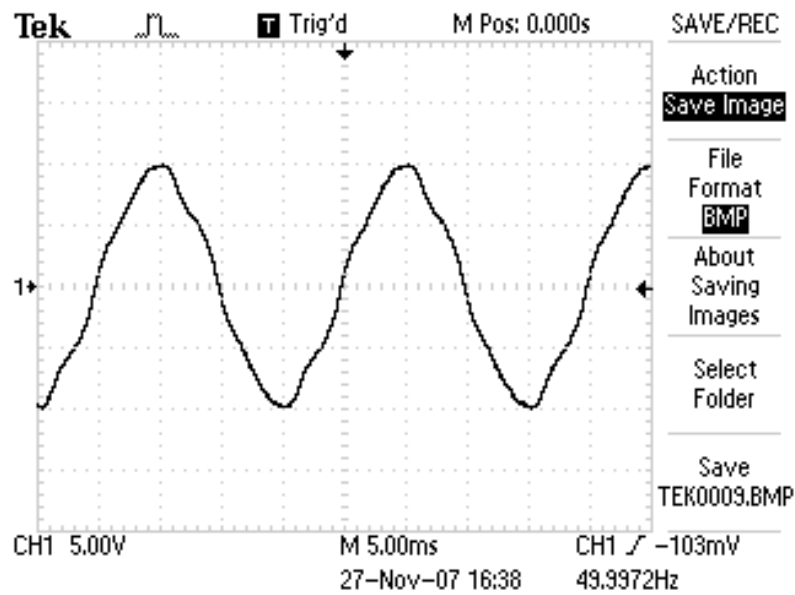


Рисунок 2- Осцилограма напруги на шинах 0,4 кВ Т1 КТП2 (фаза А)

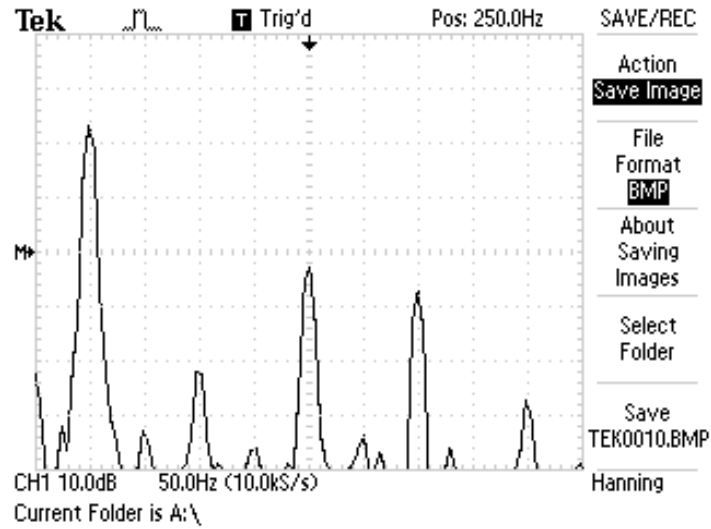


Рисунок 3 – Склад гармонік фази А

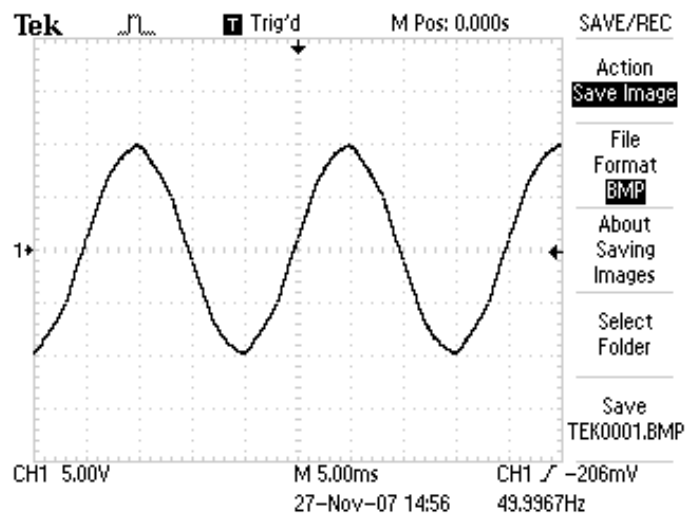


Рисунок 4 – Форму сигналу на фазі В в колі живлення 0,4 кВ

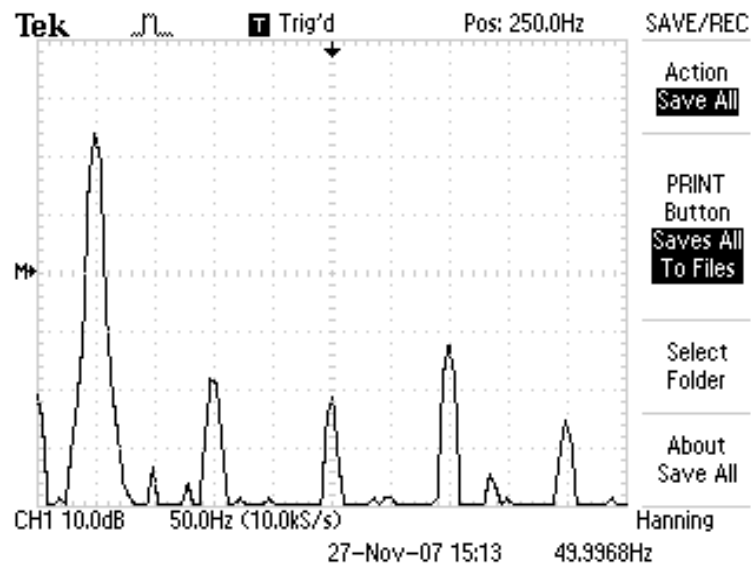


Рисунок 5 – Склад гармонік фази В