

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання
(повна назва кафедри)
та енергетичного менеджменту

Пояснювальна записка до бакалаврської дипломної роботи

Бакалавр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: «РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «ВІННИЦЬКИЙ
ЗАВОД «МАЯК»

Виконав: студент 4 курсу, групи Е-18мс
141 – Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

(шифр і назва напряму підготовки)

Освітня програма “Електроенергетика та електротехніка»

Боберський А.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Терешкевич Л.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Вінниця ВНТУ - 2020 року

Зміст

АНОТАЦІЯ	4
ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	8
1.1 Відомості про підприємство і технологічні процеси	8
1.2 Відомості про електричні навантаження	9
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	14
2.1 Розрахунок електричних навантажень	14
2.1.1 Розрахунок електричних навантажень механічного відділення інструментального цеху підприємства	14
2.1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства	18
2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій	22
2.2.1 Обґрунтування вибору ЦРП та місця його знаходження	22
2.2.2 Вибір та розміщення цехових ТП	26
2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства	30
2.3.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання	30
2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП	32
2.3.2.1. Розрахунок струмів КЗ	35
2.3.2.2 Вибір електрообладнання 10 кВ ЦРП та перевірка живильних кабелів	37
2.3.4 Вибір контрольно-вимірювальних приладів та вимірювальних трансформаторів	37
2.3.4.1. Вибір трансформаторів струму	37
2.3.4.2 Вибір трансформаторів напруги	39
2.4 Вибір комутаційного, захисного обладнання та КВП 0,4 кВ	40
2.4.1 Розрахунок струмів КЗ на стороні 0,4 кВ	40
2.4.2 Вибір обладнання 0,4 кВ ТП	42
2.4.3 Вибір КВП та вимірювальних трансформаторів	43

3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ	45
3.1 Вибір схеми цехової мережі	45
3.2 Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі та провідників	46
3.3 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж	53
4 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА СИМЕТРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЖИМІВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	57
4.1 Вступ	57
4.2 Загальний алгоритм розрахунку параметрів БСК	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	60
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	61
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	65
5.2.1 Мікроклімат	65
5.2.2 Склад повітря робочої зони	66
5.2.3 Виробниче освітлення	67
5.2.4 Виробничий шум	68
5.2.5 Виробничі вібрації	70
5.3 Пожежна безпека	71
Висновки	74
ЛІТЕРАТУРА	75
ДОДАТКИ	77
Додаток А. Генплан підприємства з електричними мережами	78
Додаток Б. Однолінійна схема електропостачання підприємства	79
Додаток В. Електричні мережі механічного відділення інструментального цеху	80
Додаток Г. Розрахунково-монтажна таблиця	81
Додаток Д. Компенсація реактивної потужності та симетрування електричних режимів в системах електропостачання	82

АНОТАЦІЯ

Боберський А.І, Розробка системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк». Бакалаврська дипломна робота. Вінниця. ВНТУ, 82 с. Іл.: 7 Табл: 30.

В дипломній роботі в повному обсязі виконані розрахунки системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк». Розрахунки виконані на основі діючих норм проектування промислових електричних мереж.

В роботі вибрано сучасне вітчизняне електрообладнання, що сприяє безпечній експлуатації електрообладнання та електричних мереж, забезпечені необхідні показники якості електроенергії біля її електроприймачів як в нормальних, так і в післяаварійних режимах. Надійна робота вибраного електрообладнання та мереж в аварійних режимах перевірена відповідними розрахунками.

ANNOTATION

Bobersky A.I., Development of the power supply system of the Private Joint-Stock Company "Vinnytsia Plant" Mayak ". Bachelor's thesis. Vinnytsia. VNTU, 2020 p. 82 Fig 7.: Table:..30.

In the thesis the calculations of the power supply system of PJSC "Vinnytsia Plant" Mayak "are performed in full. Calculations are made on the basis of current design standards of industrial electrical networks.

The paper selects modern domestic electrical equipment that promotes safe operation of electrical equipment and electrical networks, provides the necessary indicators of electricity quality at its receivers in both normal and post-emergency modes. Reliable operation of the selected electrical equipment and networks in emergency modes is verified by appropriate calculations.

ВСТУП

Актуальність теми. Система електропостачання промислових підприємств повинна задовільняти вимоги надійності, економічності, зручності, і безпеки експлуатації, забезпечувати відповідну якість електричної енергії.

Надійність електропостачання забезпечується вибором найбільш досконалих електричних апаратів, силових трансформаторів, кабельно-провідникової продукції, відповідністю електричних навантажень в нормальних і аварійних режимах номінальним навантаженням цих елементів, використанням структурного резервування, пристроїв автоматики і релейного захисту.

Спорудження електричних мереж та підстанцій систем електропостачання зв'язані з великими матеріальними затратами. Тому при проектуванні повинен проводитись детальний аналіз економічності проектних рішень та режимів роботи всіх елементів системи електропостачання.

Прийняття проектних рішень безпосередньо впливає на об'єм і трудомісткість монтажних робіт, зручність та безпечність експлуатації електротехнічних установок систем електропостачання. Тому робота, в якій розроблена система електропостачання, є актуальною.

Мета бакалаврської роботи – провести аналіз системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» з метою забезпечення економічного та надійного електропостачання технологічного процесу виробництва.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язуються такі основні задачі:

- визначення розрахункових навантажень;
- розрахунок системи електропостачання одного із виробничих підрозділів;

– розрахунок системи електропостачання підприємства.

Об'єктом дослідження є процес розрахунку системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Предметом дослідження є розробка систем зовнішнього, внутрішнього та цехового електропостачання.

Методи розрахунку. Розрахунок навантажень механічного відділення інструментального цеху проводиться за методом коефіцієнта розрахункового максимуму. Розрахунок активної і реактивної потужності силового обладнання цехів підприємства проводиться за методами коефіцієнта попиту та питомої потужності освітлення.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в подальшому розвитку методик проектування для умов ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Практичне значення одержаних результатів полягає отриманні проектних рішень, які задовільняють вимогам надійності, економічності, зручності, і безпеки експлуатації і забезпечують відповідну якість електричної енергії для системи електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Особистий внесок автора. Усі результати, що представлені в бакалаврській дипломній роботі, отримані особисто

Апробація результатів бакалаврської дипломної роботи. Викладені в роботі результати пройшли апробацію на XLIX Науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки (2020).

Публікація.: Андрій Іванович Боберський Компенсація реактивної потужності та симетрування електричних режимів в системах електропостачання // XLIX Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2020) Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2020/paper/view/10000/8381>

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Відомості про підприємство і технологічні процеси

ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» – підприємство машинобудівної промисловості і спеціалізується на виробництві побутових електроприладів. Завод «Маяк» займається виробництвом різної продукції під торговою маркою «Термія».

Історія підприємства розпочинається 21 липня 1969 року, коли розпочав роботу Вінницький завод радіотехнічної апаратури. Підприємство спеціалізувалося на виробництві комплектуючих для ЕОМ.

1991 рік — на базі заводу створено ВАТ «Маяк».

1997 рік — зареєстровано торгову марку «Термія», під якою випускається продукція заводу «Маяк».

23 березня 2012 року — підприємство реорганізовано в ПАТ «Маяк».

12 травня 2017 року — підприємство реорганізовано в ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Завод виробляє таку продукцію:

- Теплові гармати.
- Тепловентилятори.
- Теплові завіси.
- Електроконвектори.
- Електричні котли.
- Маслонаповнені електрорадіатори.
- Інфрачервоні обігрівачі.
- Плінтусні конвектори.
- Радіатори опалення.
- Електроплити.
- Пральні машини.

- Електродуховки.

Підприємство Маяк, крім основної діяльності з виготовлення продукції надає такі послуги:

- Сервісне та гарантійне обслуговування.
- Виробництво виробів, інструментальне виробництво.
- Повний комплекс лабораторних досліджень і випробувань.
- Оренда приміщень.
- Брокерські послуги.

В зв'язку із зміною продукції, що випускається, та технологічних процесів з'явилась можливість частину приміщень задавати в оренду. Тому на території колишнього Вінницького заводу радіотехнічної апаратури функціонують об'єкти окремих приватних підприємств, які споживають електроенергію від заводських ТП на правах субабонентів.

За характером технологічного процесу підприємство відноситься до складального виробництва, коли частина комплектуючих вузлів, що виготовляються на інших заводах, збираються, налагоджуються, випробовуються. На підприємстві використовуються ливарні технології, технології порошкової металургії та холодної обробки металів. В цілому за ступенем надійності електропостачання підприємство належить до II категорії.

Основне електрообладнання живиться напругою 380 В промислової частоти, умови приміщення – нормальні.

1.2 Відомості про електричні навантаження

Дані про електричні характеристики технологічного обладнання механічного відділення інструментального цеху наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Дані про технологічне обладнання механічного відділення інструментального цеху

№ на плані	Найменування ЕП	К-сть	Р, кВт	К _В	cos φ	Тип
1	Пилка ножовочна	1	1,8	0,4	0,7	872М
3	Верстат для стругання пуансонів	1	1,3	0,15	0,5	749
4	Поперечно-стругальний верстат	1	8,0	0,15	0,65	7М36
5,6	Поперечно-стругальний верстат	2	4,5	0,17	0,5	7В35
8	Токарно-гвинторізний верстат	1	10,0	0,15	0,65	1К62В
9	Токарно-гвинторізний верстат	1	10,0	0,15	0,65	1К62
10	Токарно-револьверний верстат	1	3,4	0,17	0,5	1Н325
11	Токарно-револьверний верстат	1	14,0	0,17	0,65	1П365
12,13	Токарно-затилочний напівавтомат	2	6,5	0,2	0,6	1811
14,15	Двосторонній центрувальний верстат	2	0,6	0,17	0,5	ВС-150
	Вентилятор	1	1,7	0,6	0,65	РС-6
73	Верстат відрізний абразивний	1	10,0	0,17	0,65	МП-42
72	Кругова ділильна машина	1	0,27	0,2	0,65	972
71	Універсальний ультразвуковий прошивочний верстат	1	0,4	0,17	0,5	4770
70	Універсальний копіювально-прошивочний верстат	1	1,7	0,17	0,5	4В721
69	Анодно-механічний відрізний верстат	1	7,0	0,14	0,65	4820
68	Ультразвуковий прошивочний верстат	1	1,5	0,14	0,5	4А772
67,66	Вертикально-свердлильний верстат	2	4,3	0,14	0,5	2Н135
65	Вертикально-свердлильний верстат	1	2,9	0,14	0,5	2Н125
74	Копіювально-фрезерний верстат	4	0,27	0,14	0,5	6А643

Технологічне планування механічного відділення цеху наведено на рис.

1.1.

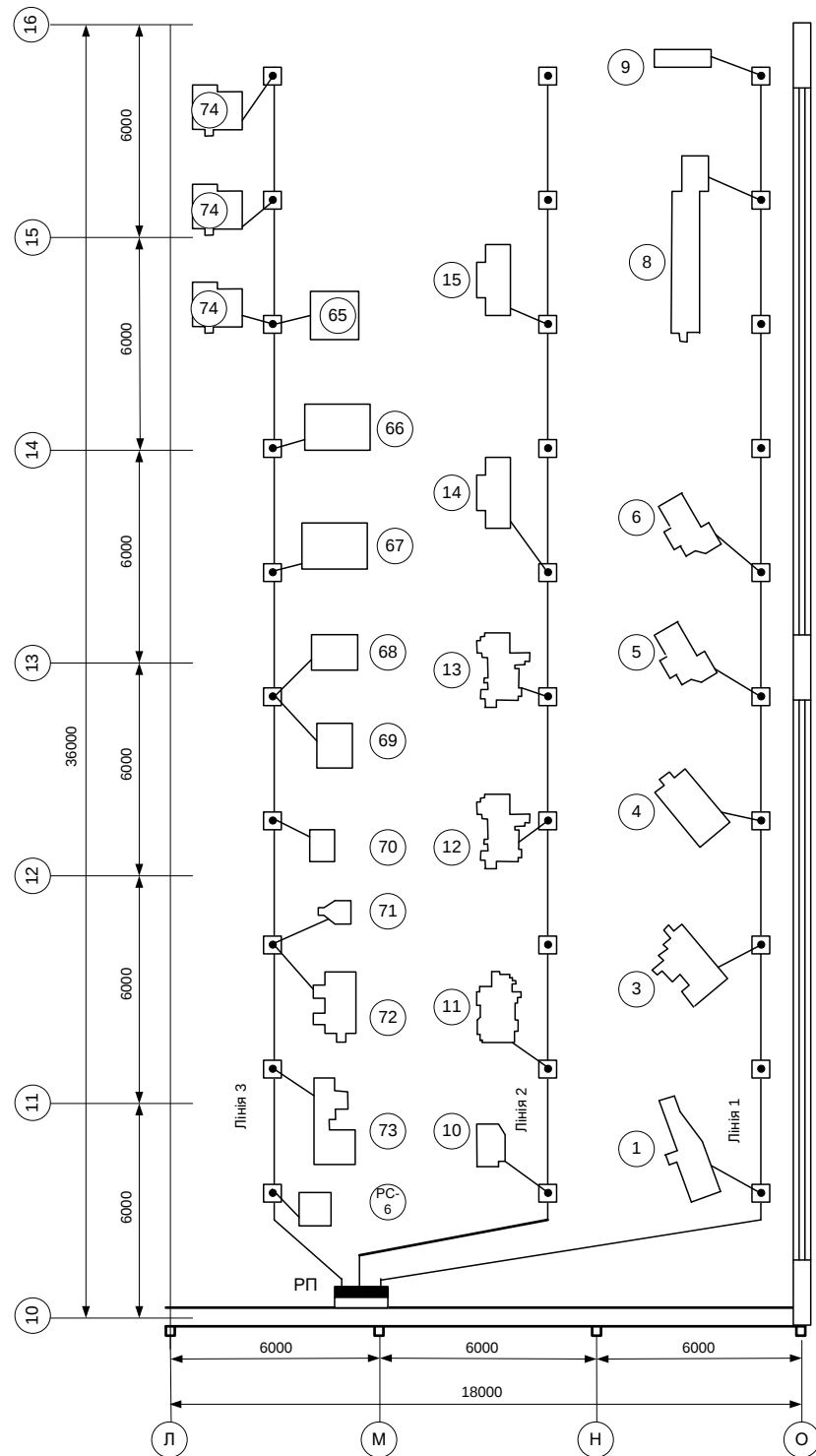


Рисунок 1.1 – Технологічне планування механічного відділення інструментального цеху

Дані про електроспоживачів цехів підприємства наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дані про електроспоживачів підприємства

№ по з	Найменування цеху	$P_{\text{вст}}$	$K_{\text{п}}$	$\frac{\cos\varphi}{\text{tg}\varphi}$	$\omega_{\text{пит осв, кВТ/м}^2}$	$F, \text{м}^2$	Категорія за надійністю
1	Механічний	200	0,8	0,8/0,74	0,005	6094	III
2	Заготівельний	200	0,8	0,8/0,74	0,005	6094	III
3	Ковальсько-штамповочний	300	0,7	0,7/1,02	0,005	6094	III
4	Зварювальний	500	0,6	0,7/1,02	0,003	8894	III
5	Субабонент №1	300	0,6	0,8/0,74	0,006	8470	III
6	Сталеалюмінієвого лиття	1100	0,6	0,85/0,6	0,006	12198	II
7	Інструментальний	360	0,7	0,8/0,74	0,005	6353	III
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	800	0,6	0,85/0,6	0,004	10588	III
9	Збирально-монтажний	210	0,8	0,8/0,74	0,005	10118	III
10	Субабонент №2, Адмінкорпус	270	0,9	0,9/0,48	0,006	28560	III
11	Ремонтно-механічний	280	0,6	0,8/0,74	0,005	5188	III
12	Очисні споруди	150	0,8	0,85/0,6	0,003	1894	III
13	Субабонент №3	420	0,8	0,8/0,74			III
14	Субабонент №4	260	0,8	0,85/0,6	0,005	7153	III
15	Відділ випробувань	180	0,7	0,8/0,74	0,006	3706	II
16	Будівельно-монтажний	50	0,6	0,7/1,02	0,003	1062	III
17	Нестандартного обладнання	200	0,6	0,8/0,74	0,005	4705	III
18	Тарно-пакувальний	40	0,6	0,7/1,02	0,003	3889	III
19	Склади ОМТС	60	0,6	0,8/0,74	0,003	6226	III
20	Субабонент №5	100	0,9	0,85/0,62	0,008	3706	III
21	Друкарня	80	0,7	0,8/0,74	0,005	7624	III

22	Термопластавтоматів	960	0,8	0,8/0,74	0,005	4151	III
23	КСК „Маяк”	40	0,9	0,85/0,62	0,008	882	III
24	Субабонент №6	180	0,7	0,8/0,74	0,004	14082	III

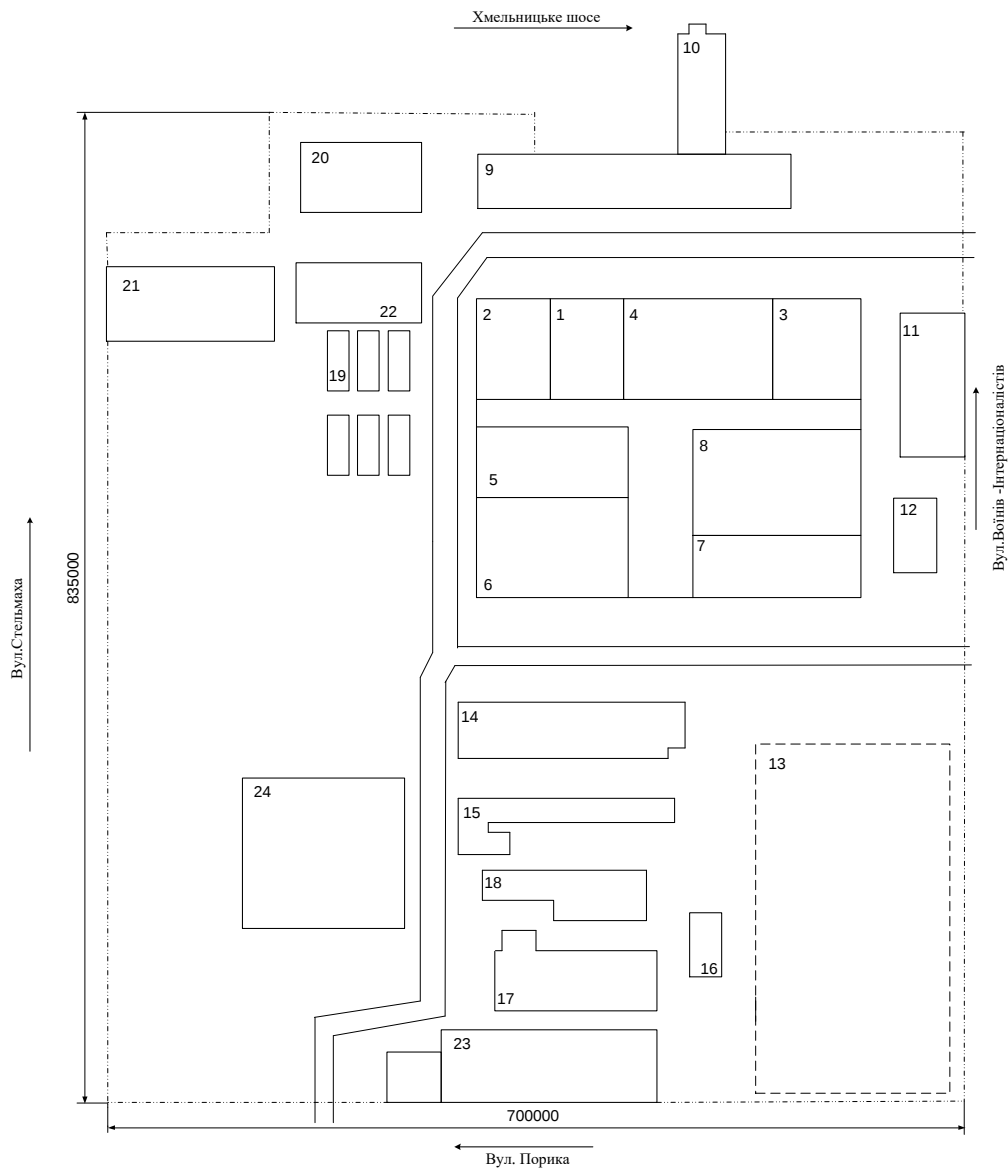


Рисунок 1.2 – План ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

Можливе джерело живлення підприємства підстанція „Західна” 110/10 кВ, потужність короткого замикання на шинах 110 кВ становить 100 МВА. На підстанції „Західна” встановлено два трансформатора типу ТДТНГ 20000/110. Підстанція знаходиться на віддалі 0,85 км від підприємства.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Розрахунок електричних навантажень механічного відділення інструментального цеху підприємства

Для вибору потужності силових трансформаторів та розрахунку силових мереж виконаємо розрахунок навантажень ділянки інструментального цеху підприємства. Нормативні документи регламентують виконувати цей розрахунок за методикою методу упорядкованих діаграм. Розрахункове навантаження визначається за формулою:

$$P_p = K_m \cdot P_{cm} = K_m \cdot K_v \cdot P_n, \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де P_{cm} - середньозмінне навантаження робочих електроприймачів за найбільш завантаженою зміну, кВт;

P_n - сумарна номінальна активна потужність робочих електроприймачів, кВт;

K_v - коефіцієнт використання активної потужності;

K_m - коефіцієнт максимуму активної потужності.

Коефіцієнт максимуму активної потужності визначається по таблиці [11] в залежності від величини групового коефіцієнту використання та ефективного числа електроприймачів, що розраховується за формулою:

$$n_e = \frac{[\sum_n P_n]^2}{\sum_n P_n^2}. \quad (2.2)$$

В групі з п'яти та більше приймачів n_e допускається рахувати рівним фактичному при величині співвідношення:

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}} \leq 3, \quad (2.3)$$

де $P_{н\max}$, $P_{н\min}$ - номінальні активні потужності відповідно найбільшого та найменшого електроспоживання в групі.

В групі з $m > 3$ та $K_v \geq 0.2$ ефективне число електроприймачів визначається за формулою:

$$n_e = \frac{2 \sum_n P_n}{P_{н\max}}. \quad (2.4)$$

При $m > 3$ та $K_v < 0.2$ ефективне число електроприймачів визначається за формулою:

$$n_e = n_{e*} \cdot n, \quad (2.5)$$

де n_{e*} - відносне ефективне число електроприймачів.

При $n_e \leq 10$ розрахункова реактивна потужність $Q_p = 1.1 Q_{см}$, а при $n_e > 10$, $Q_p = Q_{см}$.

Розрахунок освітлювального навантаження ділянки інструментального цеху виконаємо за наближеним розрахунком - методом питомих потужностей

$$P_{po} = K_{co} \omega_{пит} \cdot F, \text{ кВт}, \quad (2.6)$$

де $\omega_{пит}$ - питома потужність освітлювального навантаження, кВт/м²;

F – площа приміщення, м²;

K_{co} – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, $K_{co} = 0,7 - 0,9$.

$$P_{po} = 0,85 * 0,005 * 36 * 18 = 2,75 \text{ кВт}.$$

Планується виконання освітлювальної мережі цеху з використанням люмінесцентних ламп, встановлених у світильниках з індивідуальною компенсацією реактивної потужності ($\cos\varphi = 1$).

Розрахунок навантаження ділянки механічного цеху методом упорядкованих діаграм виконаємо в табличній формі, табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень механічного відділення інструментального цеху

Вузли живлення та гр. спож.	Кіль- кість споживачів	Встановлена потужність приведена до ПВ=100%, кВт		m	K _в	cosφ / tgφ	Середнє навантаження за макс. завантаж.змін		n _т	K _м	Максимальне навантаження			I _р , А
		одно- го	загальн а				P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Лінія №1														
1.Ножовочна пилка 872М	1	1,8	1,8		0,4	0,7/1,02	0,72	0,73						
3.Верстат для стругання пуансонів 749	1	1,3	1,3		0,15	0, 5/1,73	0,2	0,34						
4.Вертикально-стругальний верстат 7М36	1	8,0	8,0		0,15	0,65/1,17	1,2	1,4						
5,6.Поперечно-стругальний верстат 7В35	2	4,5	9,0		0,17	0,5/1,73	1,5	2,6						
8.Токарно-гвинторізний верстат універсальний 1К62В	1	10,0	10		0,15	0,65/1,17	1,5	1,8						
9.Токарно-гвинторізний верстат універсальний 1К62	1	10,0	10	>3	0,15	0,65/1,17	1,5	1,8						
Всього по лінії №1	7		40,1		0.17		6,62	8,67	7	2.4	15.9	9.5	18.5	26.8
Лінія №2														
10.Токарно-револьверний верстат	1	3,4	3,4		0,17	0,5/1,73	0,6	1,0						
11.Токарно-револьверний верстат	1	14,0	14,0		0,17	0,65/1,17	2,4	2,8						

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2,13.Токарно-затіловочний напівавтомат	2	6,5	13,0		0,2	0,6/1,33	2,6	3,5						
14,15. Двосторонній центрувальний верстат	2	0,6	1,2		0,17	0,5/1,73	0,2	0,35						
Всього по лінії №2	6		31,6		0,18		5,8	11,45	5	2,6	15,0	12,6	19,66	8 7
Лінія №3														
Вентилятор	1	1,7	1,7		0,6	0,65/1,17	1,02	1,2						
73.Верстат відрізний абразивний	1	10,0	10,0		0,17	0,65/1,17	1,7	2,0						
72.Кругова ділильна машина	1	0,27	0,27		0,2	0,65/1,17	0,05	0,06						
71.Універсальний прошивочний верстат	1	0,4	0,4		0,17	0,5/1,73	0,07	0,12						
70.Універсальний копіювально-прошивочний верстат	1	1,7	1,7		0,17	0,5/1,73	0,3	0,5						
69.Анодно-механічний відрізний верстат	1	7,0	7,0		0,14	0,65/1,17	0,98	1,2						
68.Ультразвуковий прошивочний верстат	1	1,5	1,5		0,14	0,5/1,73	0,2	0,4						
67,66.Вертикально-свердильний верстат	2	4,3	8,6		0,14	0,5/1,73	1,2	2,0						
65.Вертикально-свердильний верстат	1	2,9	2,9		0,14	0,5/1,73	0,4	0,7						
74.Копіювально-фрезерний верстат	4	0,27	1,08		0,14	0,5/1,73	0,15	0,26						
Всього по лінії №3	14		35,2		0,17		6,07	8,5	7	2,4	14,6	9,4	17,3	25,0
Щиток освітлення	1										2,75	0		
Всього по дільниці цеху	27										48,3	31,5	57,7	83,3

2.1.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Для вибору потужності живлячих трансформаторів, їх кількості, ступеню завантаження, перевірки струмопровідних частин за умовою нагрівання та втрати напруги виконується розрахунок електричних навантажень по підприємству в цілому.

Розрахунок проводимо методом коефіцієнту попиту для силового навантаження та методом питомих потужностей для освітлювального навантаження [3].

Суть методу полягає в тому, що розрахункове навантаження для групи однорідних за режимом роботи споживачів визначається за виразами:

$$P_p = K_c * P_{уст}; \quad (2.7)$$

$$Q_p = P_p * \operatorname{tg} \varphi; \quad (2.8)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}; \quad (2.9)$$

де P_p , Q_p , S_p - відповідно активна, реактивна і повна розрахункові потужності об'єкту.

Необхідні дані для виконання розрахунку, що характеризують роботу електроспоживачів, знаходяться в таблиці 1.2. Розрахункове навантаження по підприємству в цілому визначається як сума навантажень окремих цехів

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n P_{pi} \right)^2 + \left(\sum_{i=1}^n Q_{pi} \right)^2} * K_{pm}, \quad (2.10)$$

де K_{pm} -коефіцієнт різночасності максимумів навантаження окремих груп споживачів; приймається для даного виробництва рівним -0,9.

Виконаємо розрахунок максимального навантаження для механічного цеху.

Розрахункова потужність силового навантаження:

$$P_p = P_{уст} * K_c = 200 * 0,8 = 160 \text{ кВт};$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi = 160 \cdot 0,74 = 118,4 \text{ квар.}$$

Врахуємо потужність освітлювального навантаження

$$P_{po} = K_{co} \omega_{\text{пит}} \cdot F, \text{ кВт}, \quad (2.11)$$

де $\omega_{\text{пит}}$ - питома потужність освітлювального навантаження, кВт/м²;

F – площа приміщення, м²;

K_{co} – коефіцієнт попиту освітлювального навантаження, $K_{co} = 0,7 - 0,9$.

$$P_{po} = 0,85 \cdot 0,005 \cdot 6094 = 25,9 \text{ кВт.}$$

Повне розрахункове навантаження механічного цеху

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{po})^2 + Q_p^2} = \sqrt{(160 + 25,9)^2 + 118,4^2} = 220,4 \text{ кВА.}$$

Результати аналогічних розрахунків по іншим виробничим підрозділам наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№ поз	Найменування цеху	$P_{\text{вст}}$	$K_{\text{п}}$	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	$P_{\text{розр,}}$ кВт	$Q_{\text{розр,}}$ квар	$S_{\text{розр}}$ кВА
1	Механічний	120	0,8	0,8/0,74	96	71	119,4
2	Заготівельний	120	0,8	0,8/0,74	96	71	119,4
3	Ковальсько-штамповочний	300	0,7	0,7/1,02	210	214,2	300
4	Зварювальний	200	0,6	0,7/1,02	120	122,4	141,4
5	Субабонент №1	300	0,6	0,8/0,74	180	133,2	223,9
6	Сталеалюмінієвого лиття	610	0,6	0,85/0,62	366	226,9	430,6
7	Інструментальний	360	0,7	0,8/0,74	252	186,5	313,5
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	600	0,6	0,85/0,62	360	223,2	423,6
9	Збирально-монтажний	210	0,8	0,8/0,74	168	124,3	209
10	Субабонент №2	170	0,9	0,9/0,48	153	73,4	169,7
11	Ремонтно-механічний	280	0,6	0,8/0,74	168	124,3	209
12	Очисні споруди	150	0,8	0,85/0,62	120	74,4	141,2
13	Субабонент №3	1050	0,8	0,8/0,74	840	621,6	1045

14	Субабонент №4	160	0,8	0,85/0,62	128	79,4	150,6
15	Відділ випробувань	180	0,7	0,8/0,74	126	93,2	156,7
16	Будівельно-монтажний	50	0,6	0,7/1,02	30	30,6	42,9
17	Нестандартного обладнання	120	0,6	0,8/0,74	72	53,3	89,6
18	Тарно-пакувальний	40	0,6	0,7/1,02	24	24,5	34,3
19	Склади ОМТС	60	0,6	0,8/0,74	36	26,6	44,8
20	Субабонент №5	300	0,9	0,85/0,62	270	167,4	317,7
21	Друкарня	80	0,7	0,8/0,74	56	41,5	69,7
22	Термопластавтоматів	660	0,8	0,8/0,74	528	390,7	656,8
23	КСК „Маяк”	40	0,9	0,85/0,62	36	22,3	42,4
24	Субабонент №6	180	0,7	0,8/0,74	126	93,2	156,7
	Разом				4561	3289,1	5623,2

Розрахуємо навантаження по підприємству з урахуванням освітлювального навантаження. Результати розрахунку зведені до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок повного навантаження по підприємству

№ поз	Найменування цеху	$P_{розр},$ кВт	$\omega_{пит},$ кВт/м ²	F, м ²	$P_{ро},$ кВт	$P_{розр} +$ $P_{ро},$ кВт	$Q_{розр},$ квар	$S_{розр}$ кВА
1	Механічний	96	0,005	6094	25,9	121,9	71	141,0
2	Заготівельний	96	0,005	6094	25,9	121,9	71	141,0
3	Ковальсько-штамповочний	210	0,005	6094	25,9	235,9	214,2	318,6
4	Зварювальний	120	0,003	8894	22,7	142,7	122,4	188
5	Субабонент №1	180	0,006	8470	43,2	222,3	133,2	259,2
6	Сталеалюмінієвого лиття	366	0,006	12198	62,2	428,2	226,9	484,6
7	Інструментальний	252	0,005	6353	27	279	186,5	335,6
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	360	0,004	10588	36	396	223,2	454,6
9	Збирально-	168	0,005	10118	43	211	124,3	244,9

	монтажний							
10	Субабонент №2	153	0,006	28560	154	307	73,4	315,7
11	Ремонтно-механічний	168	0,005	5188	22	190	124,3	227,0
12	Очисні споруди	120	0,003	1894	4,9	124,9	74,4	145,4
13	Субабонент №3	840	0,006	1894	11,4	851,4	621,6	1054
14	Субабонент №4	128	0,006	7153	42,9	170,9	79,4	188,5
15	Відділ випробувань	126	0,006	3706	18,9	144,9	93,2	172,3
16	Будівельно-монтажний	30	0,003	1062	2,7	32,7	30,6	44,8
17	Нестандартного обладнання	72	0,005	4705	20	90	53,3	104,6
18	Тарно-пакувальний	24	0,003	3889	9,9	33,9	24,5	41,8
19	Склади ОМТС	36	0,003	6226	7,8	43,8	26,6	51,2
20	Субабонент №5	270	0,008	3706	25,2	295,2	167,4	339,4
21	Друкарня	56	0,005	7624	32,4	88,4	41,5	97,7
22	Термопластавтоматів	528	0,005	4151	17,6	545,6	390,7	671
23	КСК „Маяк”	36	0,008	882	6	42	22,3	47,6
24	Субабонент №6	126	0,006	14082	84,5	210,5	93,2	230,2
	Разом	4561		167731	821,4	5330,1	3289,1	6263,2

Примітки:

1. Дані про питому потужність освітлювального навантаження взято з таблиць 5.44-5.48 [7].

2. Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження для виробничих цехів прийнято $K_{по}=0,85$, для адмінбудівлі $K_{по}=0,9$.

3. Враховано, що адмінкорпус має 9 поверхів

Розрахункова потужність підприємства:

$$S_p = S_{\max} * K_{ом} = 6263,2 * 0,85 = 5323,7 \text{ кВА},$$

де $K_{ом}$ – коефіцієнт одночасності максимумів навантаження, для ТП 10 кВ при 9-25 приєднаннях та $0,3 \leq K_b < 0,5$ $K_{ом}=0,85$

2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій

2.2.1 Обґрунтування вибору ЦРП та місця його знаходження

Підприємство, електропостачання якого розглядається знаходиться у безпосередній близькості від системної підстанції „Західна” (300 м). Розрахункова потужність підприємства становить 5323,7 кВА, тобто спорудження ГПП для даного підприємства є економічно недоцільним, тому що схема глибокого вводу практично має місце. Більш економічно доцільним є спорудження ЦРП, від якого в свою чергу живитимуться цехові ТП. ЦРП розміщують таким чином, щоб не було зворотних перетоків енергії [14].

Виконаємо розрахунок картограми та центра електричних навантажень підприємства. За результатами цього розрахунку можна обґрунтувати місце установки ЦРП з урахуванням розширення виробництва і, відповідно, споживання електричної енергії. Координати центру навантажень всіх підрозділів підприємства визначені в масштабі реального плану. За початок відрахунку прийнято нижній лівий кут генплану підприємства.

Таблиця 2.4 – Розрахунок ЦЕН підприємства

№ на пл	Назва об'єкту	$P_p + P_{po}$ кВт	X, м	Y, м	$P_p * X$, кВт·м*10 ³	$P_p * Y$, кВт·м*10 ³
1	Механічний	121,9	400	635	48,76	77,4
2	Заготівельний	121,9	330	635	40,3	77,4
3	Ковальсько-штамповочний	235,9	575	635	135,6	15,0
4	Зварювальний	142,7	485	635	69,2	90,6
5	Субабонент №1	222,3	365	540	81,14	120,0
6	Сталеалюмінієвого лиття	428,2	365	470	156,3	201,3
7	Інструментальний	279	550	445	153,4	124,1
8	Лакофарбових і	396	550	515	217,8	203,90

	гальванічних покрить					
9	Збирально-монтажний	211	430	775	90,7	163,5
10	Субабонент №2	307	485	850	148,9	260,9
11	Ремонтно-механічний	190	675	600	128,3	114,0
12	Очисні споруди	124,9	660	475	82,4	59,3
13	Субабонент №3	851,4	575	170	489,6	144,7
14	Субабонент №4	170,9	375	315	64,09	53,8
15	Відділ випробувань	144,9	375	240	54,3	34,8
16	Будівельно-монтажний	32,7	490	130	16,0	4,2
17	Нестандартного обладнання	90	385	100	34,65	9,0
18	Тарно-пакувальний	33,9	385	170	13,0	5,7
19	Склади ОМТС	43,8	215	590	9,4	25,8
20	Субабонент №5	295,2	210	780	61,9	230,3
21	Друкарня	88,4	70	675	6,2	59,7
22	Термопластавтоматів	545,6	205	685	111,8	373,7
23	КСК „Маяк”	42	365	30	15,3	1,26
24	Субабонент №6	210,5	175	210	36,8	44,2
		5330,1			2265,84	2494,56

Центр електричних навантажень аналітичним шляхом визначається за формулами:

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot x_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_{pi} \cdot y_i}{\sum_{i=1}^n P_{pi}}, \quad (2.12)$$

де x_i, y_i - координати центру навантаження i -го виробничого підрозділу.

$$X_0 = \frac{2265840}{5330,1} = 425,1 \text{ м}; \quad Y_0 = \frac{2494560}{5330,1} = 468 \text{ м}.$$

На основі отриманих результатів приймаємо рішення про розміщення ЦРП в безпосередній близькості від ЦЕН. Її розташування показано в графічній частині роботи, лист 1.

Радіус кіл картограми електричних навантажень вираховуються за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{p.i}}{\pi \cdot m}}, \quad (2.13)$$

де m - масштаб картограми, кВт/мм; $\pi = 3.14$.

Сектор кола, що відповідає освітлювальному навантаженню, визначаємо

$$\alpha_{осв\ i} = \frac{P_{p.o} \cdot 360}{P_{pi} + P_{p.o}}. \quad (2.14)$$

Визначення радіусу кіл картограми навантажень та кутів освітлювального навантаження виконаємо в табличній формі, таблиця 2.5.

Таблиця 2.5 – Побудова картограми активних навантажень

№ на пл	Назва об'єкту	P_p , кВт	$P_{осв}$, кВт	R, см	$\alpha_{осв}$, град
1	Механічний	121,9	25,9	3,8	76,5
2	Заготівельний	121,9	25,9	3,8	76,5
3	Ковальсько-штамповочний	235,9	25,9	3,9	39,5
4	Зварювальний	142,7	22,7	4,06	57,3
5	Субабонент №1	222,3	43,2	5,07	70,0
6	Сталеалюмінієвого лиття	428,2	62,2	7,04	52,3
7	Інструментальний	279	27	5,7	34,8
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	396	36	6,8	32,7
9	Збирально-монтажний	211	43	4,9	73,4
10	Субабонент №2	307	154	5,9	180,6
11	Ремонтно-механічний	190	22	4,7	41,7
12	Очисні споруди	124,9	4,9	3,8	14,2
13	Субабонент №3	851,4	11,4	9,9	4,8
14	Субабонент №4	170,9	42,9	4,4	90,4
15	Відділ випробувань	144,9	18,9	4,0	47
16	Будівельно-монтажний	32,7	2,7	1,9	29,7

17	Нестандартного обладнання	90	20	3,2	80
18	Тарно-пакувальний	33,9	9,9	2,0	105,1
19	Склади ОМТС	43,8	7,8	2,3	64,1
20	Субабонент №5	295,2	25,2	5,8	30,7
21	Друкарня	88,4	32,4	3,2	131,9
22	Термопластавтоматів	545,6	17,6	7,9	11,6
23	КСК „Маяк”	42	6	2,2	51,4
24	Субабонент №6	210,5	84,5	4,9	144,5

Розрахунок картограми навантажень виконано при $m = 5 \text{ кВт/см}^2$.
Результати розрахунку наведені на рис 2.1.

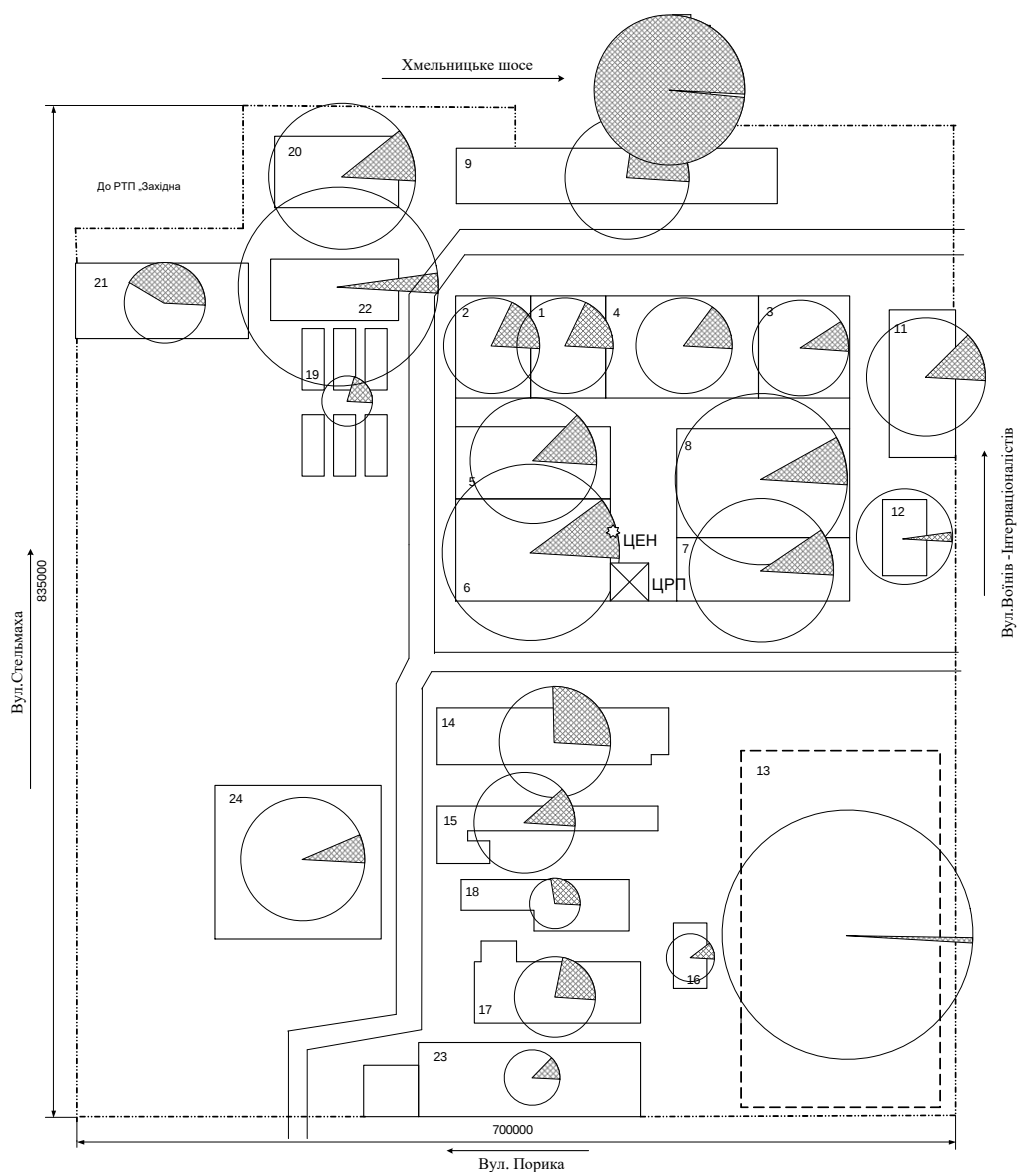


Рисунок 2.1 – Картограма електричних навантажень

2.2.2 Вибір та розміщення цехових ТП

Потужність і число цехових ТП істотно впливають на техніко-економічні показники як заводської, так і цехових мереж. Встановлено, що при виборі вирішальним є вплив цехових мереж.

При визначенні числа і потужності трансформаторів цехових ТП враховують

1. Надійність електропостачання.

2. Доцільність уніфікації підстанцій, що забезпечить можливість використання меншого числа резервних трансформаторів.

Визначимо середнє питоме навантаження на 1 м^2 площі підприємства

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\text{м}} \Sigma}{F_{\Sigma}} = \frac{5323,7}{167731} = 0,03 \text{ кВА/м}^2.$$

Отже слід вибирати трансформаторні підстанції з потужністю трансформаторів 630, 1000 кВА. Зважаючи на наявність споживачів II категорії за надійністю електропостачання підстанції, проектуємо двох-трансформаторними. Розглянемо два варіанти.

При $S_{\text{ном тр}} = 630 \text{ кВА}$ число ТП

$$N = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ек}} * K_3} = \frac{5323,7}{2 * 630 * 0,8} \approx 5,3,$$

- де K_3 – коефіцієнт завантаження трансформатора. При переважанні споживачів II та III категорії приймається рівним 0,7 – 0,8.

Тобто необхідно встановлювати 6 двотрансформаторних підстанцій $2 * 630 \text{ кВА}$

При $S_{\text{ном тр}} = 1000 \text{ кВА}$ число ТП

$$N = \frac{S_{\text{max}}}{S_{\text{ек}} * K_3} = \frac{5323,7}{2 * 1000 * 0,8} \approx 3,3.$$

Тобто необхідно встановлювати 4 двотрансформаторні підстанції $2 * 1000 \text{ кВА}$.

Для остаточного вибору потрібно провести техніко-економічні розрахунки. При цьому необхідно зіставляти приведені витрати як цехових, так і заводських електромереж. Такий аналіз є надзвичайно складним, тому з точки зору економії корисних виробничих площ, зручності в експлуатації та забезпечення взаємозамінності зупинимось на варіанті з меншою кількістю підстанцій.

Отже для електропостачання підприємства вибрано 4 внутрішньоцехових типових підстанцій з встановленою потужністю трансформаторів 1000 кВА.

Розташування цих ТП визначимо, вирахувавши центри електричних навантажень груп виробничих підрозділів, що доцільно від них жити. Для цього виконаємо компоновку споживачів по ТП і аналогічно наведеним вище розрахункам вирахуємо координати ЦЕН для окремих цехових ТП. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення навантажень цехових ТП

Назва об'єкту	$P_p + P_{осв}$, кВт	X, см	Y, см	Q, квар	S_p , кВА	$K_{з\ tr}$
ТП -1						
1 Механічний цех	121,9	400	635	71	141	
2. Заготівельний цех	121,9	330	635	71	141	
4. Зварювальний цех	142,7	485	635	122,4	188	
5.Субабонент №1	222,3	365	540	133,2	259,2	
6. Цех сталелюмінієвого лиття	428,2	365	470	226,9	484,6	
Всього по ТП №1	1037	$X_{ц}=381,6$	$Y_{ц}=546,5$	624,5	1210,5	0,6
ТП-2						
3.Ковальсько-штамповочний цех	235,9	575	635	214,2	318,6	
7. Інструментальний цех	279	550	445	186,5	335,6	
8. Лакофарбних і гальванічних покриттів	396	550	515	223,2	454,6	

11. Ремонтно-механічний цех	190	675	600	124,3	227	
12.Очисні споруди	124,9	660	475	74,4	145,4	
Всього по ТП №2	1225,8	$X_{ц}=585$	$Y_{ц}=421,2$	822,6	1476,2	0,74
ТП-3						
9.Збирально-монтажний цех	211	430	775	124,3	244,9	
10. Субабонент №2	307	485	850	73,4	315,7	
19.Склади ОМТС	43,8	215	590	26,6	51,2	
20.Субабонент №5	295,2	210	780	167,4	339,4	
21. Друкарня	88,4	70	675	41,5	97,7	
22. Цех термопластавтоматів	545,6	205	685	390,7	671	
Всього по ТП №3	1491	$X_{ц}=287,7$	$Y_{ц}=747$	853,9	1718,2	0,86
ТП -4						
13. Субабонент №3	851,4	575	170	621,6	1054	
14.Субабонент №4	170,9	375	315	79,4	188,5	
15. Відділ випробувань	144,9	375	240	93,2	172,3	
16. Будівельно-монтажний цех	32,7	490	130	30,6	44,8	
17. Цех нестандартного обладнання	90	385	100	53,3	104,6	
18.Тарно-пакувальний цех	33,9	385	170	24,5	41,8	
23.КСК «Маяк»	42	365	30	22,3	47,6	
24.Субабонент №6	210,5	175	210	93,2	230,2	
Всього по ТП №4	1576,3	$X_{ц}=459,2$	$Y_{ц}=188,9$	1018,1	1876,5	0,94

:

Встановити цехові ТП безпосередньо в розрахованих центрах електричних навантажень не виявляється можливим, цього не дозволяє розташування технологічного обладнання. Визначені центри електричних навантажень по ТП нанесені на листі 1 графічної частини проекту. Дійсне розміщення цехових ТП, максимально наближених до відповідних центрів електричних навантажень, наведені на листі 1 графічної частини проекту.

Визначимо реактивну потужність, що може бути спожита з енергосистеми в години піків навантажень для кожної з ТП.

Для прикладу по ТП1:

$$Q_{1c} = a \cdot P_M = 0,15 \cdot 1037 = 155,6 \text{ квар},$$

де $a = 0,15$ - для підстанцій напругою 10 кВ [2, с.17];

Визначимо необхідну потужність компенсувальних пристроїв:

$$Q_{re} \geq Q_M - Q_{1c} = 624,5 - 155,6 = 468,9 \text{ квар}.$$

Плануємо встановити на ТП1 компенсувальні пристрої типу УКРП-0,4-225-25УЗ потужністю 2*225 квар.

Тоді потужність по ТП1 становитиме:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + (Q_M - Q_{ку})^2} = \sqrt{1037^2 + (624,5 - 450)^2} = 1051,6 \text{ кВА}.$$

Дійсний коефіцієнт завантаження трансформаторів становитиме:

$$K_3 = \frac{1051,6}{2 \cdot 1000} = 0,53.$$

Подальший вибір компенсуючих пристроїв проведемо в табличній формі, таблиця 2.7

Таблиця 2.7 – Вибір батарей статичних для установки на ПрАТ «Вінницький завод «Маяк»

P_M , кВт	Q_M , квар	$Q_{ку}$, квар	Тип КП	S_M ,квар	K_3 ТП
ТП1					
1037	624,5	2*225	УКРП-0,4-225-25УЗ	1051,6	0,53
ТП2					
1225,8	822,6	2*300	УКРП-0,4-300-25УЗ	1245,8	0,62
ТП3					
1491	853,9	2*300	УКРП-0,4-300-25УЗ	1512,5	0,76
ТП4					
1576,3	1018,1	2*375	УКРП-0,4-375-25УЗ	1598,6	0,8

Наведені розрахунки показали, що встановлення компенсуючих пристроїв суттєво розвантажить трансформатори цехових ТП.

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

2.3.1 Розрахунок зовнішнього електропостачання

Підприємство „Маяк” знаходиться в межах міста в безпосередній близькості від системної підстанції „Західна”. Відповідно до умовного поділу підприємств за встановленою потужністю дане підприємство відноситься до середніх (з встановленою потужністю від 5 до 70 МВт), що допускають живлення від мережі 10 кВ. Тому в даному випадку питання про вибір напруги живлення вирішується одночасно з вибором схеми електропостачання і передбачає єдиний доцільний варіант живлення - ЦРП з двома кабельними лініями за радіальною схемою. Вибір кабельних ліній обумовлений тим, що вони проходять по території міста і є найбільш доцільними.

Радіальні схеми використовують в тих випадках, коли навантаження розміщені в різних напрямках від джерела живлення для споживачів I, II і III категорій.

Переріз кожної з кабельних ліній вибирається відповідно до наступних вимог:

1. Найменший переріз кабелю за умовою нагрівання найбільшим розрахунковим струмом визначається за формулою:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р max}}. \quad (2.15)$$

2. Найменший переріз кабелів 10 кВ за умовою нагрівання при роботі з перевантаженням визначається для тих ліній, які у випадку аварії на підстанції можуть бути тимчасово перевантаженими. При цьому повинна виконуватись умова:

$$K_{\text{п}} I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р max}}, \quad (2.16)$$

де K_{π} припустима кратність перевантаження, приймається за табл. 3,2
[4] $K_{\pi}=1,25$.

3. Перевірка термічної стійкості кабелю визначається шляхом визначення найменшого термічно стійкого перерізу:

$$S_{\min} = \frac{I_{\infty} * \sqrt{t_{\phi}}}{C}, \quad (2.17)$$

де I_{∞} - сталий струм КЗ, А;

t_{ϕ} – фіктивний час, С;

$C = 88$ для кабелів з алюмінієвими жилами і паперовою ізоляцією.

4. За економічною щільністю струму і тривалістю використання максимуму навантаження:

$$S_{\text{ек}} = \frac{I_p}{j_{\text{ек}}}, \text{ мм}^2, \quad (2.18)$$

$$\text{де } I_p = \frac{S_p}{2 * \sqrt{3} * U_n} = \frac{53237}{2 * \sqrt{3} * 10} = 153,9 \text{ А};$$

$$S_{\text{ек}} = \frac{153,9}{1,4} = 109,9 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо 2 трижильних кабелі з паперовою ізоляцією ААБ(3*120) з $I_{\text{доп}}=300$ А Перевіримо вибраний переріз за наведеними вище умовами.

$$300 \geq 153,9 - \text{умова виконується};$$

$$I_{p \text{ max}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_n} = \frac{53237}{\sqrt{3} * 10} = 307 \text{ А},$$

$1,25*300=375>307$ – ця умова вибору виконується, тому остаточно виберемо кабель ААБ(3*120) з $I_{\text{доп}}=300$ А

Таким чином, остаточно для живлення ЦРП прийнято 2 кабелі ААБ(3*120). Перевірку вибраного перерізу на термічну дію струмів КЗ виконаємо після відповідних розрахунків.

2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.3.2.1. Розрахунок струмів КЗ

Коротке замикання, як правило, супроводжується збільшенням струмів у пошкоджених фазах, значно перевищуючих номінальні значення.

Нагрівання, що має місце короткому замиканні прискорює старіння ізоляції, її пошкодження, викликає зварювання та вигорання контактів, втрату механічної міцності шин та проводів. Тому провідники та апарати повинні без пошкоджень переносити нагрівання струмами короткого замикання, бути термічно стійкими.

Протікання струмів короткого замикання супроводжується також електродинамічними зусиллями між провідниками. Якщо не прийняти запобіжних заходів, під дією цих зусиль струмопровідні частини та їх ізоляція можуть зруйнуватись. Для запобігання цих руйнувань необхідно зробити розрахунки струму короткого замикання та зробити перевірку роботи електрообладнання та елементів електромереж в аварійних режимах.

Для такого розрахунку складається розрахункова схема. Живляча система до шин ВН підстанції позначається своїм повним або індуктивним опором. Якщо точка КЗ віддалена від генеруючих джерел, можна вважати, що така гілка живиться від джерела необмеженої потужності. Струм КЗ приймається незатухаючим. [2, 6]

$$I_k = I'' = I_{0,2} = I_{\infty}. \quad (2.19)$$

Для вибору електрообладнання 10 кВ обмежимося результатами розрахунку трифазного короткого замикання на шинах ЦРП підприємства, адже струми короткого замикання в інших вузлах мережі 10 кВ будуть дещо меншими.

Електрична схема та схема заміщення для розрахунку струмів КЗ мають вигляд:

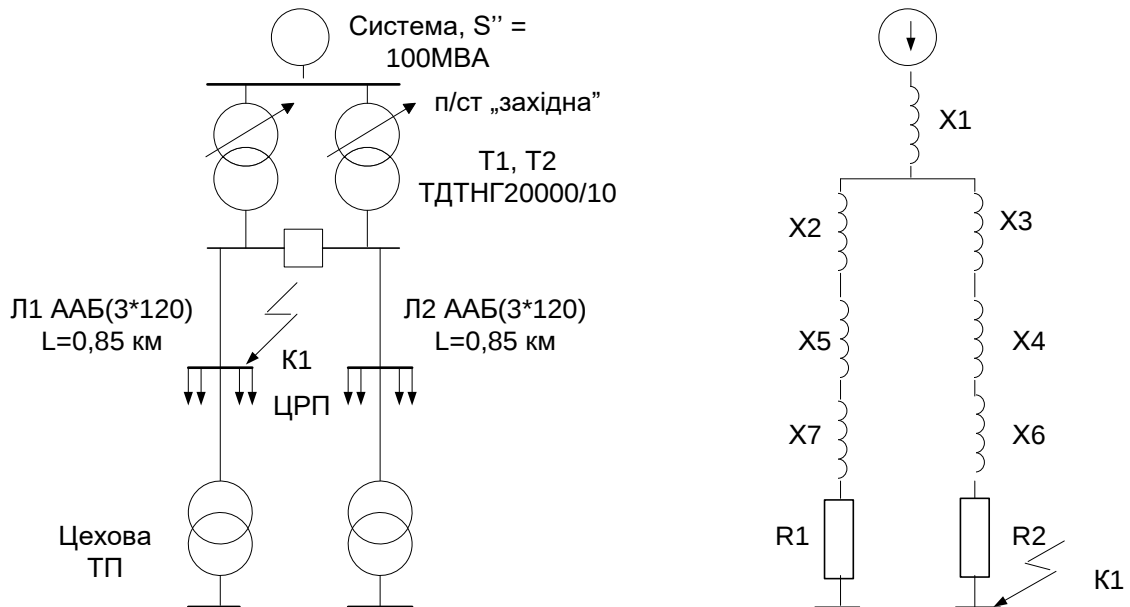


Рисунок 2.2 – Однолінійна схема та схема заміщення для розрахунку струму короткого замикання

Потужність короткого замикання на шинах 10 кВ системної підстанції складає $S''=100$ МВА. Трансформаторна підстанція живиться двома кабельними лініями ААБ(3*120) довжиною 0,85 км. (довжина траси кабельної лінії за планом).

Розрахунок параметрів опорів схеми заміщення виконаємо при базисних умовах: $U_6=10,5$ кВ: $S_6=100$ МВА.

Обчислення параметрів виконаємо у відносних базисних одиницях за формулами точного приведення.

$$X_1 = \frac{S_6}{S''} = \frac{100}{100} = 1; \quad (2.20)$$

$$X_2 = X_3 = \frac{E_k S_6}{100 S_H} = \frac{5,5 * 100}{100 * 20} = 0,28; \quad (2.21)$$

$$X_4 = X_5 = X_0 * L * \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.22)$$

де X_0 -питомий реактивний опір кабельної лінії, Ом/км;

L -довжина кабельної лінії;

$$X_4=X_5=0,07*0,85*\frac{100}{10,5^2}=0,053;$$

$$R_1=R_2=R_0*L*\frac{S_6}{U_H^2};$$

де R_0 - питомий активний опір кабельної лінії, Ом/км;

$$R_1=R_2=0,276*0,85*\frac{100}{10,5^2}=0,21.$$

Визначимо сумарний опір, яким обмежується струм короткого замикання в точці K_1

$$Z_{\Sigma}=\sqrt{R_1^2+(X_1+X_2+X_4)^2}=\sqrt{0,21^2+(1+0,28+0,053)^2}=1,33.$$

Струм короткого замикання в даному випадку не змінюється в часі.

Тому діюче значення струму КЗ визначиться таким чином:

$$I_*''=\frac{1}{Z_{\Sigma}}=\frac{1}{1,33}=0,75. \quad (2.23)$$

Те ж в іменованих одиницях, приведених до напруги 10 кВ

$$I''=I_*''*I_6=0,75*\frac{100}{\sqrt{3}*10,5}=4,13 \text{ кА.}$$

Миттєве значення ударного струму:

$$I_y=K_y*\sqrt{2}*I''; \quad (2.24)$$

де K_y -ударний коефіцієнт. При $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}=\frac{1,33}{0,21}=6,3$ $K_y=1,65$,

$$i_y=1,65*\sqrt{2}*4,13=9,6 \text{ кА.}$$

Потужність короткого замикання:

$$S_k=\sqrt{3}U_{\text{сн}}*I''=\sqrt{3}*10,5*4,13=75,0 \text{ МВА.}$$

2.3.2.2 Вибір електрообладнання 10 кВ ЦРП та перевірка живильних кабелів

Враховуючи вимоги надійності електропостачання на ЦРП встановлюються камери КРУ з вакуумними вимикачами серії ВВ/TEL. Вакуумні вимикачі серії ВВ/TEL встановлюються на живлячих лініях і на лініях, що відходять.

Вибір вакуумних вимикачів виконаємо у табличній формі.

Таблиця 2.8 – Вибір вакуумних вимикачів серії ВВ/TEL

№	Умови вибору	Довідникові дані	Розрахункові дані
1	$U_{н.дов} \geq U_{н.розр}$ (кВ)	10	10
2	$I_{н.дов} \geq I_{р.мах2}$ (А)	630	307
3	$i_{пр.св.} \geq i_{уд.}$ (кА)	32	9,6
4	$I^2_{t2} \cdot t_{t2} \geq I^2_{\infty} \cdot t_{пр2}$ (кА ² · с)	$12,5^2 \cdot 3 = 468,8$	$4,13^2 \cdot 4 = 68,2$
5	$I_{откл.} \geq I''_2$ (кА)	32	4,13

Перевірка термічної стійкості кабелю визначається шляхом визначення найменшого термічно стійкого перерізу :

$$S_{min} = \frac{I_{\infty} * \sqrt{t_{\phi}}}{C}, \quad (2.25)$$

де I_{∞} - сталий струм КЗ, А;

t_{ϕ} – фіктивний час, С;

$C=88$ для кабелів з алюмінієвими жилами і паперовою ізоляцією

$$S_{min} = \frac{4130 * \sqrt{4}}{88} = 93,9 \text{ мм}^2,$$

Таким чином, вибраний кабель термічно стійкий до струмів короткого замикання.

Виконаємо вибір кабелів, що живлять цехові ТП за економічною щільністю струму в табличній формі. Результати вибору занесені до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Вибір кабелів цехових ТП

№ТП	S_p , кВА	I_p , А	$S_{ек}$, мм ²	$I_{доп}$, А
1	1051,6	30,3	25	125
2	1245,8	36	25	125
3	1512,5	43,7	35	145
4	1598,6	46,2	35	145

Виконаємо перевірку вибраних кабелів за умовою перевантаження.

Таблиця 2.10 – Перевірка кабелів за перевантаженням

№ТП	S_p , кВА	$I_{p\max}$, А	K_{Π}	$K_{\Pi} * I_{доп}$	Висновок
1	1051,6	60,6	1,25	$1,25 * 125 > 60,6$	Виконується
2	1245,8	72	1,25	$1,25 * 125 > 72$	Виконується
3	1512,5	87,4	1,25	$1,25 * 145 > 87,4$	Виконується
4	1598,6	92,4	1,25	$1,25 * 145 > 92,48$	Виконується

Беручи до уваги, що стійким до термічної дії струмів короткого замикання є переріз 93,9 мм², виберемо кабелі до цехових трансформаторних підстанцій ААБ (3*95).

2.3.4 Вибір контрольно-вимірювальних приладів та вимірювальних трансформаторів

2.3.4.1 Вибір трансформаторів струму

На всіх фідерних приєднаннях збірних шин РТП встановлені трансформатори струму, до яких приєднуються обмотки струму вимірювальних приладів та обмотки реле відповідних видів захисту. Трансформатори струму встановлюємо в фазах А та С. На кожну з цих фаз встановлюється по два трансформатори струму для забезпечення незалежності кіл приладів та релейного захисту. Лічильники, що передбачені в схемі, призначені для технічного обліку електроенергії. Тому крім струмових обмоток лічильників до цих трансформаторів допускається підключення інших приладів[8]. Для обліку електроенергії вибираємо двохелементні лічильники САЗУ та СРЗУ.

Потужність, що споживається котушками вимірювальних приладів, представлена в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Дані про прилади, що підключені до трансформатора струму

Найменування приладу	Тип	Навантаження по фазах, ВА	
		Фаза А	Фаза С
Амперметр	Э-378	0,1	
Лічильник активн енергії	САЗУ	2,5	2,5
Лічильник реакт. енергії	СРЗУ	2,5	2,5
Всього		5,1	5,0

Найбільш завантаженою є фаза А, тому подальший розрахунок будемо виконувати саме для цієї фази.

$$\text{Опір приладів: } R_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{пр}}}{I_{2\text{н}}^2} = \frac{5,1}{5^2} = 0,204 \text{ Ом}; \quad (2.26)$$

де $I_{2\text{н}}$ - номінальний струм вторинної обмотки трансформатора струму; $I_{2\text{н}}=5\text{А}$.

Перехідний опір контактів $R_k=0,1 \text{ Ом}$. Для підключення приладів використовуємо мідні проводи перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ довжиною 4м , опір яких становить $0,028 \text{ Ом}$.

Опір вторинного кола трансформатора струму:

$$R_n + R_k + R_{\text{пр}} = 0,204 + 0,1 + 0,028 = 0,332 \text{ Ом}$$

Виберемо трансформатор струму типу ТПЛУ-10 та перевіримо можливість його використання в даних умовах, таблиця 2.12.

Таблиця 2.12 – Порівняльна таблиця для вибору трансформатора струму

Умови вибору	Розрахункові дані	Трансформатор струму ТПЛУ-10
$U_{\text{уст}} \leq U_n$	$U_{\text{уст}} = 10 \text{ кВ}$	$U_n = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{р max}} \leq I_n$	$I_{\text{р max}} = 50,9 \text{ А}$	$I_n = 50 \text{ А}$
$S_p \leq S_n$	$S = 5,1 \text{ ВА}$	$S_n = 15 \text{ ВА}$
$\frac{I_{\infty} * \sqrt{t\phi}}{I_{\text{ном1}}} \leq K_{\text{ту}}$	$\frac{1260 * \sqrt{0,2}}{50} = 11,27$	$K_{\text{ту}} = 120$

На всіх фідерних приєднаннях можуть бути встановлені трансформатори струму ТПЛУ-10, Але в залежності від струму лінії потрібно використовувати трансформатор з відповідним номінальним струмом.

В даних умовах трансформатор забезпечує клас точності 0,5.

2.3.4.2 Вибір трансформаторів напруги

Виберемо п'ятистержневий трансформатор напруги, який призначений для живлення паралельних котушок вимірювальних приладів та для контролю

стану ізоляції. Первинна напруга трансформатора НТМИ -10 становить 10 кВ, а вторинна-100 В. Максимальне навантаження в класі точності 0,5 не повинно перевищувати 120 ВА.

Вторинне навантаження трансформатора визначимо з таблиці 2.12.

Таблиця 2.13 – Порівняльна таблиця для вибору трансформатора напруги

Назва приладу	Тип	Потужність, спожита однією котушкою, ВА	Число котушок	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приладів	Споживана Потужність	
							P,Вт	Q, вар
Вольтметр	Э762	9	1	1	0	1	9	
Лічильник активної енергії	СА3У	1,75	4	0,38	0,925	4	7,0	17,0
Лічильник реактивн енергії	СР3У	1,75	4	0,38	0,925	4	7,0	17,0
Ваттметр	Д-772	10	1	1	0	1	10	
Всього							33	34

Вторинне навантаження трансформатора напруги становить:

$S_{2\Sigma} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{33^2 + 34^2} = 47,38 \text{ ВА}$, що менше допустимого 120 ВА, то трансформатор буде працювати в заданому класі точності.

Для захисту трансформатора від коротких замикань встановлюємо з боку 10 кВ запобіжники типу ПКТ-10 з граничним струмом відключення 50 кА.

2.4 Вибір комутаційного, захисного обладнання та КВП 0,4 кВ

2.4.1 Розрахунок струмів КЗ на стороні 0,4 кВ

Розрахункова схема та схема заміщення подані на рис. 2.3.

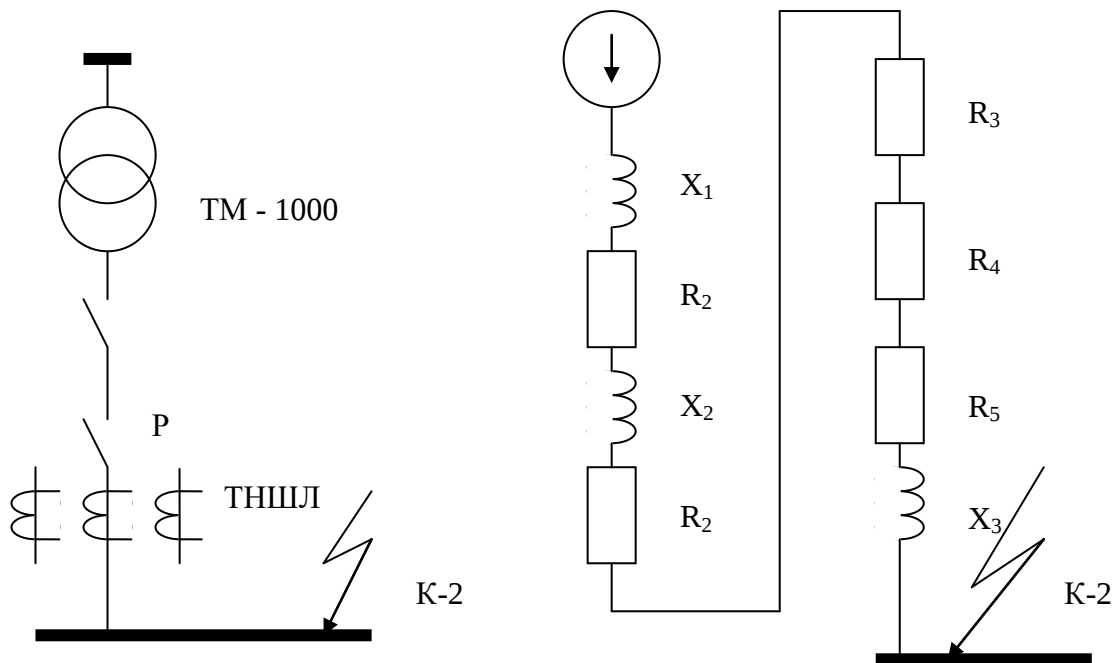


Рисунок 2.3 – Схема мережі та схема заміщення для розрахунку струму короткого замикання на напрузі 0,4 кВ

Визначимо максимальний струм трансформатора:

$$I_{\max} = \frac{1.4 * S_{\text{ідб}}}{\sqrt{3} * U_i} = \frac{1.4 * 1000}{\sqrt{3} * 0.4} = 2029 \text{ A.} \quad (2.27)$$

Відповідно до величини визначеного струму вибираємо апарати, шини, трансформатори струму.

Автоматичні вимикачі типу Э-25 $I_H=2500 \text{ A}$, $I_{\text{отк}}=55 \text{ кА}$.

Трансформатори струму ТНШЛ – 0,66, $I_H=2500 \text{ A}$.

Шини АТ (100*8) мм² $I_{\text{доп}}=2080 \text{ A}$.

Розрахунок струмів КЗ в точці К-2 виконуємо в системі іменованих одиниць.

Опір схеми заміщення, приведений до базисної напруги

$$X_c = \frac{U_6^2}{S_{\text{НОТК}}} = \frac{400^2}{10000} = 1,6 \text{ МОм.} \quad (2.28)$$

Опір трансформатора [4]

$$r_{\text{тр}} = 2 \text{ МОм; } X_{\text{тр}} = 8,5 \text{ МОм.}$$

Опір автоматичних вимикачів [4]

$$X_a = 0; r_a = 0; r_{\text{ка}} = 0.$$

Визначимо опір шин: $X_{\text{ош}} = 0,09 \text{ МОм/м; } r_{\text{ош}} = 0,035 \text{ МОм/м [4]; } L_{\text{ш}} = 5 \text{ м.}$

$$X_{\text{ш}} = X_{\text{ош}} * L = 0,09 * 5 = 0,45 \text{ МОм;}$$

$$r_{\text{ш}} = r_{\text{ош}} * L = 0,035 * 5 = 0,175 \text{ МОм.}$$

Опір трансформаторів струму

$$X_{\text{тт}} = 0; r_{\text{тт}} = 0.$$

Визначимо результуючий опір та струм короткого замикання в точці К-2.

$$r_{\text{рез}} = r_{\text{ш}} + r_{\text{тр}} = 2 + 0,175 = 2,175 \text{ МОм;}$$

$$X_{\text{рез}} = X_c + X_{\text{ш}} + X_{\text{тр}} = 8,5 + 0,45 + 1,6 = 10,6 \text{ МОм;}$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} = \sqrt{2,175^2 + 10,6^2} = 10,77 \text{ МОм.}$$

Струм КЗ в точці К-2

$$I_{\text{к2}} = \frac{U_6}{\sqrt{3} * 10,77} = 21,44 \text{ кА.}$$

Відношення $\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = 4,87$, цьому відповідає $k_y = 1,5$.

Миттєве значення ударного струму:

$$i_y = \sqrt{2} * k_y * I_{\text{к}} = \sqrt{2} * 1,5 * 21,44 = 45,98 \text{ кА.}$$

Потужність КЗ в точці К-2

$$S_{\text{к2}} = \sqrt{3} * U_6 * I_{\text{к2}} = \sqrt{3} * 0,4 * 21,44 = 14,8 \text{ МВА.}$$

де $t_{\text{отк}} = 0,2 \text{ с}$ – час відключення вимикача;

T_a – аперіодична складова струму КЗ для мережі становить $0,02 \text{ с}$,

$$B_{\text{к}} = 21,44^2 * (0,02 + 0,2) = 101,1 \text{ кА}^2 \text{с.}$$

2.4.2 Вибір обладнання 0,4 кВ ТП

Виберемо автоматичний вимикач, встановлений на стороні 0,4 кВ, типу Э - 25 МВ

Таблиця 3.14 – Вибір автоматичних вимикачів 0,4 кВ

Розрахункові дані	Каталожні дані
$U_{\text{вст}} = 0,4 \text{ кВ}$ $I_p = \frac{1100,6}{\sqrt{3} * 0,4} = 1590,5 \text{ А}$ $i_{\text{уд}} = 45,98 \text{ кА}$	$U_n = 0,4 \text{ кВ}$ $I_n = 2500 \text{ А}$ $I_{\text{відкл}} = 70 \text{ кА}$

За тривало допустимим струмом виберемо алюмінієві однополосні шини прямокутного перерізу $(100*8) \text{ мм}^2$, $I_{\text{доп}} = 2080 \text{ А}$

$$I_{\text{доп}} > I_p.$$

Перевіримо вибрані шини на динамічну стійкість до дії струму к.з.

Навантаження на середню фазу:

$$F = 1,76 * i_y^2 * \frac{1}{a} * 10^{-2} = 1,76 * 45,98^2 * \frac{100}{20} * 10^{-2} = 186,04 \text{ кГс}.$$

Момент, що вигинає шину:

$$M = \frac{F * l}{8} = \frac{186,4 * 100}{8} = 2325,5 \text{ кГс*см}.$$

Момент опору шини:

$$W = \frac{b * h^2}{6} = \frac{0,8 * 10^2}{6} = 13,3 \text{ см}^3.$$

Напруга в матеріалі шин:

$$\sigma_p = \frac{M}{W} = \frac{2325,5}{13,3} = 174,84 \frac{\text{кГс}}{\text{см}^2} = 17,4 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{доп}} = 700 \frac{\text{кГс}}{\text{см}^2} = 70 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{доп}} > \sigma_p - \text{умова виконується}.$$

Визначимо мінімально-допустимий переріз шин за умовою термічної стійкості.

$$S_{\min} = \alpha \cdot I_{r \ t=0} \sqrt{t_{\pi}} = 12 \cdot 21,44 \sqrt{1,2} = 281,8 \text{ мм}^2,$$

де t_{π} – приведений час, що прийнятий рівним часу спрацювання автоматичного вимикача Э – 25МВ.

$$100 \cdot 8 = 800 \text{ мм}^2 > 281,8 \text{ мм}^2 \text{ – умова виконується.}$$

2.4.3 Вибір КВП та вимірювальних трансформаторів

Нормальна експлуатація системи електропостачання потребує оперативного отримання інформації щодо рівнів напруги, потужності, енергії, частоти, якості ізоляції. Для можливості отримання цієї інформації передбачимо установку відповідних приладів.

Для виміру струму використаємо амперметри, які включені через трансформатор струму. До вторинної обмотки трансформаторів струму підключаються також обмотки струму лічильників активної та реактивної енергії. Всі вимірювання, про які ведеться мова, виконуються на стороні 0.4 кВ. Типи приладів та потужності по фазах показані в табл. 2.15.

Таблиця 2.15 – Навантаження трансформаторів струму

Назва приладу	Тип	Навантаження по фазах		
		А	В	С
Амперметр	Э 309	0.1	-	-
Лічильник активної енергії	САЗУ-И6370	2,5	2,5	2,5
Лічильник реактивної енергії	СРЧУ - И673	2,5	-	2,5
Всього:		5,1	2,5	5

Для живлення струмових обмоток вимірювальних пристроїв вибираємо трансформатор ТНШЛ-0,66 класу точності 0,5. Складемо порівняльну таблицю розрахункових і каталожних даних трансформатора струму.

Таблиця 2.16 – Вибір трансформаторів струму

Розрахункові дані	Каталожні дані ТНШЛ-0,66
$U=0,4$ кВ	$U_H=0,66$ кВ
$I=1590,5$ А	$I_H=3000$ А
$S=5,1$ ВА	$S_H=20$ ВА
$R=0,332$ Ом	$R_H=0,8$ Ом
$\frac{I_\infty * \sqrt{tn}}{I_{на} * \sqrt{tn_{ту}}} = \frac{21,44 * \sqrt{1,2}}{2,5 * \sqrt{1}} = 9,39$	$K_{ту}=50$

Лічильники, що передбачені для включення, призначені для комерційного обліку електроенергії. В цьому випадку згідно з ПУЕ[1] трансформатори струму, до яких підключаються лічильники, повинні працювати в класі точності 0,5.

Опір підключених приладів

$$r_{пр} = \frac{S_{пр}}{I^2} = \frac{5,1}{5^2} = 0,204 \text{ Ом.} \quad (2.29)$$

Перехідний опір контактів приймемо $r_k = 0,1$ Ом. Для підключення приладів використаємо мідні проволу перерізом $2,5 \text{ мм}^2$ довжиною $l_p = 4$ м. Опір проволів становить:

$$r_{\bullet p} \% = \frac{1}{\gamma \cdot S} l_p = \frac{1}{2,5 \cdot 57} \cdot 4 = 0,028 \text{ Ом} . \quad (2.30)$$

Навантаження вторинного кола трансформатора струму

$$r_{\Pi} = r_{пр} + r_k + r_{пров} = 0,204 + 0,1 + 0,028 = 0,332 \text{ Ом.}$$

$$0,332 < 0,8 \text{ Ом.}$$

Таким чином, трансформатори струму працюють в потрібному класі точності.

На всіх приєднаннях встановимо трансформатори струму ТНШЛ-0,66.

3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ

3.1 Вибір схеми цехової мережі

Враховуючи розміщення технологічного обладнання на плані цеху, доцільно використати магістральну схему електропостачання споживачів з використанням модульної мережі, рис 2.3. Використанню модульної мережі сприяє той факт, що технологічне обладнання механічного відділення інструментального цеху достатньо рівномірно розміщене по території цеху і має відносно невелику одиничну потужність. Модульна мережа дозволяє змінювати технологічне планування без реконструкції електричної мережі, що є важливим в сучасних ринкових умовах.

Назва модульних мереж пов'язана з тим, що на їх лініях на певних відстанях один від одного – на модулях – в підлозі підготовлені місця для приєднання силових електроспоживачів. Відстань між місцями приєднань зазвичай не перевищує 2 – 3 м.

В підлозі в трубах прокладаються ізольовані проводи ліній розподільної силової мережі і до цих проводів в коробках, прикріплених до труб, приєднують відгалужувальні зажими. До них в подальшому можуть приєднуватись розподільні пристрої – колонки на 2, 4 або 6 відгалужень. До проводів однієї лінії зазвичай приєднують зажими 4 – 8 коробок.

Цехова розподільна мережа, що спроектована, буде економічною, тому що виконана магістральною, зручною в експлуатації та в монтажі, який можна виконувати індустріальним способом.

Під'єднання силових споживачів до модульної мережі здійснюється проводом АПВ, прокладеним в металевих тонкостінних трубах.

Вибір розмірів труб для прокладки в них проводів визначається їх кількістю та перерізом, а також конфігурацією трубопроводу. Для спрощення

монтажу мережі, економії провідників та труб підключення технологічного обладнання до лінії виконаємо по можливості прямими лініями.

Для захисту ліній модульної мережі використовуємо автоматичні вимикачі.

3.2 Вибір комутаційних та захисних апаратів цехової електромережі та провідників

Для забезпечення надійного захисту від струмів короткого замикання та від перевантажень ліній ділянки механічного цеху приймаємо до встановлення автоматичні вимикачі типу ВА 5135, що встановлені в силових шафах типу ПР 11. Приймаємо силову шафу ПР 11 -3053-21УЗ, № схеми 053, що передбачає встановлення 4 автоматичних вимикачів (один з них – для живлення щитка освітлення).

Панелі розподільчі виготовляються навісного, напольного та утопленого виконання. Приймаємо до встановлення панель напольного виконання.

Панелі комплектуються вимикачами на відгалуженнях серії ВА 5135 з комбінованим розчеплювачем.

При виборі автоматичних вимикачів повинні виконуватись такі умови [6]:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M, \quad (3.1)$$

$$I_{с.в} \geq K_n I_n, \quad (3.2)$$

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

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

$K_{відс}$ - коефіцієнт відстроювання, що визначається з умов надійності відстроювання захисту від перевантажень і його неспрацювання (повернення) при (після) пуску або самозапуску;

I_M - розрахунковий струм окремого електроприймачі, ШР чи РП в цілому при $U_n = 0,38 \text{ кВ}$;

K_n - коефіцієнт надійності відстроювання струмової відсічки;

I_n - піковий (пусковий) струм.

Виберемо автоматичний вимикач для лінії від ТП до РП.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_n}, \quad (3.3)$$

$$\text{де } I_M = \frac{57,7}{\sqrt{3} * 0,38} = 87,7 \text{ А.}$$

Піковий струм визначаємо за формулою:

$$I_n = I_M - K_{\epsilon} I_{n.\text{макс}} + I_{n.\text{макс}}, \quad (3.4)$$

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

K_{ϵ} - коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача,

$$I_n = 87,7 - 0,5 * \frac{14}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,86 * 0,87} + 5 * \frac{14}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,86 * 0,87} = 219,3 \text{ А.}$$

Вибираємо для встановлення на лініях від ТП до РП автоматичні вимикачі серії ВА з тепловим та електромагнітним розчеплювачами (селективні) [1]. Розрахуємо номінальний струм розчеплювача та струм спрацювання відсічки для лінії ТП – РП:

$$I_{n \text{ розч}} = 1,1 * 87,7 = 96,4 \text{ А;}$$

$$I_{CB} = 1,5 * 219,3 = 327,5 \text{ А.}$$

Значення $K_{\text{відс}}$ і K_n для різних типів вимикачів наведені в таблиці 5.1[1].

За розрахованими значеннями струмів вибираємо селективний автоматичний вимикач ВА 53-37 з тепловим та електромагнітним розчеплювачами з номінальним струмом вимикача 160 А, номінальним

струмом розчіплювача 100 А та струмом спрацювання відсічки 500А (кратність струму 5).

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ВА для ліній РП до Л1, Л2, Л3, ЩО

Наприклад, для лінії Л1.

$$I_M = \frac{18,5}{\sqrt{3} * 0,38} = 28,2 \text{ А}$$

$$I_{\pi} = 28,2 - 0,5 * \frac{10}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,82 * 0,81} + 5 \frac{10}{\sqrt{3} * 0,38 * 0,82 * 0,81} = 131,3 \text{ А}.$$

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

$$I_{\text{н розч}} = 1,1 * 28,2 = 31,02 \text{ А};$$

$$I_{\text{СВ}} = 1,5 * 131,3 = 197 \text{ А}.$$

За розрахованими значеннями струмів вибираємо автоматичний вимикач ВА 51-31 з тепловим і електромагнітними розчіплювачами з номінальним струмом вимикача 100 А, номінальним струмом розчіплювача 31,5 А та струмом спрацювання відсічки 280 А (кратність струму 7) [1].

Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів серії ВА 51 з тепловими і електромагнітними розчіплювачами для решти ліній в табличній формі.

Таблиця 3.1 – Вибір автоматичних вимикачів

Ділянка мережі	I_p , А	Тип автоматичного вимикача	I_n , А	$I_{\text{тепл розч}}$, А	$I_{\text{СВ,А}}$
ТП-РП	87,7	ВА 5337	160	100,8	500
РП – Л1	28,2	ВА 5131	100	31,5	280
РП – Л2	29,8	ВА 5131	100	40	280

РП – ЛЗ	25	ВА 5131	100	31,5	280
РП – ЩО	3,97	ВА 5125	25	6,3	44,1

Розрахуємо силову мережу ділянки цеху у відповідності до вимог ПУЕ [1], згідно з якими мережі даного класу напруги повинні розраховуватися за умовою нагрівання та по допустимій втраті напруги.

Розрахунок по допустимій втраті напруги забезпечує умови роботи електроприймачів близькі до номінальних, а по допустимому нагріванню - нормальні умови роботи ізоляції. Для вибору провідника по допустимому нагріванню необхідно визначити величину розрахункового струму лінії, а потім, в залежності від ізоляції провідника, вибирати за таблицею переріз.

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_p}{K_{\pi}}, \quad (3.5)$$

де K_{π} - коефіцієнт умов прокладки проводу; $K_{\pi}=1$;

I_p - розрахунковий струм;

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * U_H}; \quad S_p = \frac{P_H}{\cos \varphi}. \quad (3.6)$$

Для живлення окремих споживачів ділянки приймемо до встановлення провід АПВ, для живлення ліній кабель АВВГ, що значно здешевить схему електропостачання цеху. Результати розрахунку провідників магістральних ділянок зведені до табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вибір провідників магістральної мережі ділянки цеху

Ділянка мережі	S_p , кВА	I_p , А	Переріз та марка провідника	$I_{\text{доп}}$, А	$I_{\text{нрозч}}$, А
ТП-РП	57,7	83,3	АВВБ(4*35)	126	100
Л1	18,5	26,8	АВВГ(4*10)	38	31,5
Л2	19,6	28,3	АВВГ(4*16)	54	40
ЛЗ	17,3	25	АВВГ(4*10)	38	31,5

ЩО	2,75	4,18	АВВГ(4*2,5)	17	6,3
----	------	------	-------------	----	-----

Перевіримо вибраний переріз кабелю на відповідність апарату захисту за умовою:

$$I_{\text{доп}} > I_{\text{н розч}};$$

Для Л1 $I_{\text{доп}}=38\text{А}$, що більше $I_{\text{н розч}}=31,5\text{А}$, значить умови захищеності лінії виконуються.

В таблиці 3.2 здійснено перевірку вибраних перерізів струмопровідних частин на відповідність апарату захисту.

Від модулів, що встановлені на магістральних лініях, живляться окремі електроприймачі. Вибиремо провідники до них. Результати вибору наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір живлячих провідників до окремих електроприймачів

Дільниця мережі	S_n , кВА	I_n , А	Марка та переріз проводу	$I_{\text{доп}}$
Лінія 1				
1.Ножовочна пила 872М	2,57	3,9	АПВ4(1*2,5)	17
3.Верстат для стругання пуансонів 749	2,6	3,95	АПВ4(1*2,5)	17
4.Вертикально-стругальний верстат 7М36	12,3	18,7	АПВ4(1*2,5)	17
5,6.Поперечно-стругальний верстат 7В35	9	13,7	АПВ4(1*2,5)	17
8.Токарно-гвинторізний верстат універсальний 1К62В	20	30,4	АПВ4(1*10)	38
9.Токарно-гвинторізний верстат універсальний 1К62	20	30,4	АПВ4(1*10)	38
Лінія 2				
10.Токарно-револьверний верстат	6,8	10,3	АПВ4(1*2,5)	17
11.Токарно-револьверний верстат	21,5	32,7	АПВ4(1*10)	38
12,13.Токарно-затилочний напівавтомат	10,8	16,4	АПВ4(1*2,5)	17
14,15. Двосторонній центрувальний верстат	1,2	1,82	АПВ4(1*2,5)	17

Лінія 3				
Вентилятор	2,83	4,3	АПВ4(1*2,5)	17
73.Верстат відрізний абразивний	15,3	23,2	АПВ4(1*6)	29
72.Кругова ділильна машина	0,41	0,62	АПВ4(1*2,5)	17
71.Універсальний ультразвуковий прошивочний верстат	0,8	1,22	АПВ4(1*2,5)	17
70.Універсальний копіювально-прошивочний верстат	3,4	5,17	АПВ4(1*2,5)	17
69.Анодно-механічний відрізний верстат	10,7	16,4	АПВ4(1*6)	29
68.Ультразвуковий прошивочний верстат	3,0	0,45	АПВ4(1*2,5)	17
67,66.Вертикально-свердлильний верстат	8,6	13,8	АПВ4(1*2,5)	17
65.Вертикально-свердлильний верстат	5,8	8,82	АПВ4(1*2,5)	17
74.Копіювально-фрезерний верстат	5,4	8,21	АПВ4(1*2,5)	17

Вибрані провідники у відповідності до вимог ПУЕ перевіримо за допустимими втратами напруги.

Величина втрати напруги на ділянці мережі перерізом S визначається за формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} * I_p * r_0 * l * \cos \varphi, \quad (3.7)$$

де I_p – розрахунковий струм ділянки, А;

r_0 – питомий опір провідника, Ом/км;

l - довжина провідника, км;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності.

Відхилення напруги в процентах визначається за виразом:

$$\Delta U = \frac{\Delta U}{U_H} * 100\%. \quad (3.8)$$

Втрати напруги від ТП до РП при довжині лінії 247 м становитимуть;

$$\Delta U = \sqrt{3} * 83,3 * 0,95 * 0,247 * 0,84 = 28,4 \text{ В},$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{28,4}{380} 100 = 7,5\%.$$

Це означає, що вибраний переріз лінії, що живить РП в силу її значної протяжності не відповідає умовам перевірки, оскільки більший допустимих 5%. Необхідно збільшити переріз лінії 70 мм², тобто вибрати кабель АВВБ(4*70) і виконати повторну перевірку.

$$\Delta U_{ТП-РП} = \sqrt{3} * 83,3 * 0,47 * 0,247 * 0,84 = 14,05 \text{ В},$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{14,05}{380} 100 = 3,7\%.$$

Розрахуємо дільницю мережі від РП до найбільш віддаленого модуля лінії 1:

$$\Delta U = \Delta U_{ТП-РП} + \Delta U_{РП-Л1} + \Delta U_{Л1-№9}$$

$$\Delta U_{РП-Л1} = \sqrt{3} * 26,8 * 3,3 * 0,03 * 0,85 = 3,9 \text{ В},$$

$$\text{де } \cos \varphi = \frac{P_{\text{розр}}}{S_{\text{розр}}} = \frac{15,9}{18,5} = 0,85.$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{3,9}{380} 100 = 1,0\%.$$

Подальші розрахунки зведені до табл. 2.15.

Таблиця 3.4 – Перевірка силової мережі на допустиму втрату напруги

Дільниця мережі	I _p , А	r ₀ , Ом/км	l, км	cos φ	ΔU, %
РП – лінія 2	28,3	3,3	0,03	0,76	1,0
РП – лінія 3	25	3,3	0,03	0,84	0,8
лінія 1 - №1	3,9	13,2	0,003	0,7	0,05
лінія 1 - №3	3,95	13,2	0,003	0,5	0,002
лінія 1 - №4	18,7	13,2	0,003	0,65	0,22
лінія1-№5,6	13,7	13,2	0,003	0,5	0,12
лінія 1 - №8	30,4	3,3	0,003	0,65	0,09
лінія 1 - №9	30,4	3,3	0,003	0,65	0,09
лінія 2-№10	10,3	13,2	0,003	0,5	0,09
лінія 2-№11	32,7	3,3	0,003	0,65	0,09
лінія 2-№12,13	16,4	13,2	0,003	0,6	0,18

лінія 2-№14,15	1,82	13,2	0,003	0,5	0,01
лінія 3-рс6	4,3	13,2	0,003	0,65	0,01
лінія 3-№73	23,2	5,5	0,003	0,65	0,11
лінія 3-№72	0,62	13,2	0,003	0,65	0,007
лінія 3-№71	1,22	13,2	0,003	0,5	0,01
лінія 3-№70	5,17	13,2	0,003	0,5	0,18
лінія 3-№69	16,4	5,5	0,003	0,65	0,08
лінія 3-№68	0,45	13,2	0,003	0,5	0,04
лінія 3-№67,66	13,8	13,2	0,003	0,5	0,12
лінія 3-№65	8,82	13,2	0,003	0,5	0,08
лінія 3-№74	8,21	13,2	0,003	0,5	0,07
РП-ЩО	4,19	13,2	0,003	1	0,07

Проаналізуємо виконані розрахунки. Найбільша втрата напруги по ділянці становитиме

$$\Delta U_{\max} = \Delta U_{\text{ТП-РП}} + \Delta U_{\text{РП-Л1}} + \Delta U_{\text{Л1-№4}} = 3,7 + 1 + 0,22 = 4,92 < 5\%.$$

Всі вибрані провідники цехової мережі задовольняють перевірки на допустиму втрату напруги.

3.3 Перевірка чутливості і селективності захисту цехових мереж

З метою перевірки захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [8] виконаємо розрахунок струмів короткого замикання для ділянки ТП1-РП- Л1. Складемо розрахункову схему.

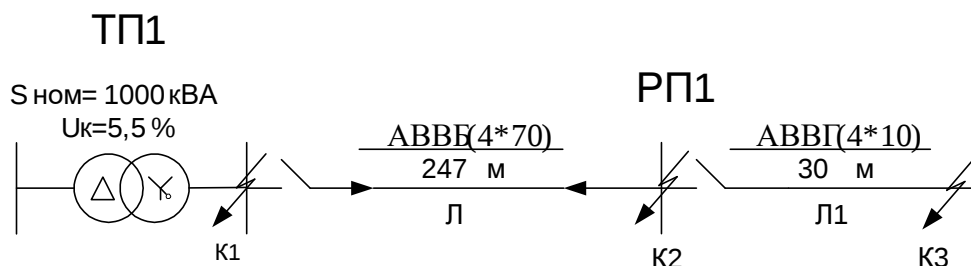


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема мережі для ділянки ТП1-РП1- Л1

Номинальна потужність трансформатора: $S_{\text{ном.Т}}=1000$ (кВА).

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_{\text{Т}} = \frac{U_{\text{к}}}{100} * \frac{U_{\text{Н}}^2}{S_{\text{номтр}}} = \frac{5,5}{100} * \frac{380^2}{1000*10^3} = 7,9*10^{-3} = 7,9 \text{ мОм.}$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2:

$$Z_{\text{Л}} = Z_{\text{ТП1-РП}} = \sqrt{R_{\text{пт}}^2 + X_{\text{пт}}^2} = \sqrt{0,47^2 + 0,07^2} * 247 = 117,4 \text{ мОм;}$$

$$Z_{\text{Л1}} = \sqrt{R_{\text{пт}}^2 + X_{\text{пт}}^2} = \sqrt{3,3^2 + 0,08^2} * 30 = 99 \text{ мОм.}$$

Розрахуємо значення струму при трифазному металічному КЗ за формулою [8]:

$$I_{\text{к.мах}}^{(3)} = \frac{1,05U_{\text{ном}}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}, \quad (3.9)$$

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

- для точки К1

$$I_{\text{к1мах}}^3 = \frac{1,05*380}{\sqrt{3}*7,9} = 29,2\text{кА};$$

-для точки К2

$$I_{\text{к2мах}}^3 = \frac{1,05*380}{\sqrt{3}(7,9+117,4)} = 1,84\text{кА};$$

- для точки К3

$$I_{\text{к3мах}}^3 = \frac{1,05*380}{\sqrt{3}(7,9+117,4+99)} = 1,77\text{кА}.$$

Виконаємо перевірки вибраних захисних апаратів за умовою комутаційної здатності [8]:

- для точки К1(вимикач ВА 5537)

$$I_{\text{відкл}} = 32,5 \text{ кА} \geq 29,2 \text{ кА};$$

- для точки К2

$$I_{\text{н відкл}} = 6 \geq I_{\text{к мах}}^{(3)} = 1,84 \text{ кА};$$

- для точки К3

$$I_{\text{н відкл}} = 6 \geq I_{\text{к мах}}^{(3)} = 1,77\text{кА}.$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки на ТП та РП, умовам комутаційної здатності відповідають.

Виконаємо перевірку селективності дії захисту для вибраних РП та споживачів [6].

Визначимо струм однофазного КЗ в точці короткого замикання з урахуванням перехідного процесу:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-н} \cdot l}, \quad (3.10)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T$ (мОм) – повний опір силового трансформатора струмам однофазного КЗ;

$Z_{\phi-н}$ - питомий опір петлі фаза-нуль;

l – відстань до місця КЗ.

$$Z_{\phi \Sigma}^{(1)} = 3 * \frac{U_K}{100} * \frac{U^2}{S_{нтр}} = 3 * \frac{5,5}{100} * \frac{380^2}{1000 * 10^3} = 23,7 * 10^{-3} = 23,7 \text{ мОм};$$

По РП-1

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{220}{\frac{23,7}{3} + 117,4} = 1,75 \text{ кА}.$$

Струм однофазного КЗ на лінії Л1:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_T^{(1)}}{3} + Z_{\phi-н} \cdot l}; \quad (3.11)$$

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{23,7}{3} + 117,4 + 99} = 0,98 \text{ кА}.$$

Перевіримо чи виконується умова:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.міп}^{(1)}}{3}. \quad (3.12)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП:

$$I_{н розч} = 100A < \frac{I_{к2}^1}{3} = \frac{1750}{3} = 583,3A.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії РП1- Л1

$$I_{н розч} = 31,5 < \frac{I_{к3}^1}{3} = \frac{980}{3} = 326,7A.$$

Умови перевірки чутливості автоматичних вимикачів виконуються [4].

Перевіримо селективність дії захисту. Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами [8]:

$$\begin{cases} I_{с.В1} > (1,3..1,5)I_{с.В2}, \\ t_{с.В1} = t_{с.В2} + \Delta t. \end{cases} \quad (3.13)$$

Виконаємо перевірку на селективність для вимикачів, що захищають лінії ТП – РП (вимикач 1), РП –Л1 (вимикач 2) [3].

$$\begin{cases} I_{ВВ1} = 500A > 1,3..1,5I_{СВ2} = 364..420A \\ t_{сВ1} = 0,2. > t_{сВ2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115 \end{cases}.$$

Умови селективності виконуються [6].

Будуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

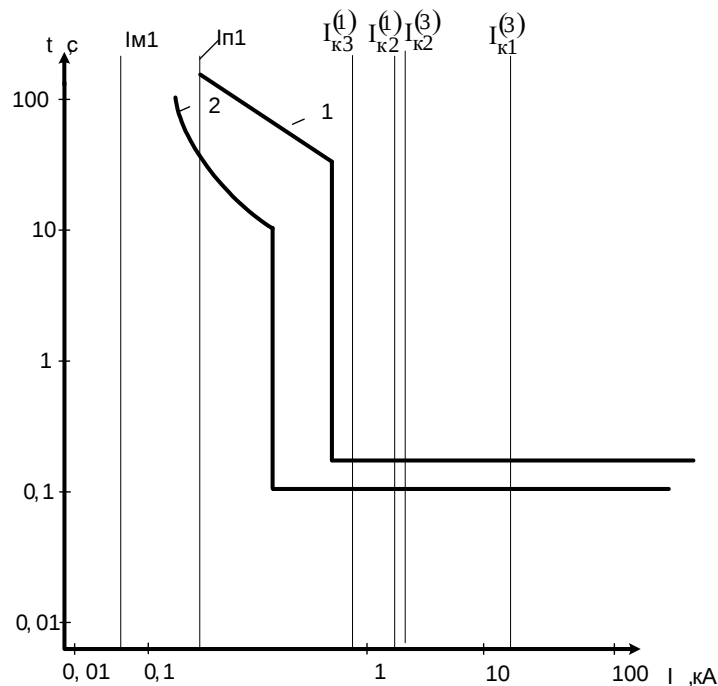


Рисунок 2.2 – Карта селективності автоматичних вимикачів

4 КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА СИМЕТРУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ РЕЖИМІВ В СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

4.1 Вступ

Несиметричні режими в електричних мережах формуються електроприймачами несиметричного виконання і характеризуються параметрами зворотної та нульової послідовностей. Прояв такого їх впливу на електричну мережу полягає в тому, що струми зворотної та нульової послідовностей розтікаються по всіх вітках схеми тієї ступені трансформації, до якої вони під'єднані, а також трансформуватися на інші ступені. Оскільки мережі будь-яких споживачів під'єднані до мереж енергопостачальних та енергопередаючих організацій, то несиметричні режими можуть мати місце в системах електропостачання навіть споживачів, де відсутні електроприймачі несиметричного виконання.

Для багатьох промислових підприємств, що знаходяться в оточенні комунально-побутового навантаження, або від трансформаторних підстанцій від яких живляться житлові мікрорайони, характерним є наявність несиметрії електричних режимів в їх мережах. Це в багатьох випадках знайшло експериментальне підтвердження. До таких виробництв відноситься ПрАТ «Вінницький завод «Маяк».

Несиметричні режими здійснюють негативний вплив на електрообладнання та на електромережі, що зумовлює появу збитків.

Енергопостачальні компанії економічно стимулюють споживачів до встановлення батарей статичних конденсаторів (БСК) в результаті чого має місце компенсація реактивної потужності (КРП) та зменшуються втрати електроенергії в їх мережах. Але БСК мають багатофункціональні властивості. Будучи увімкнутими за несиметричною схемою вони крім компенсації реактивних навантажень можуть ще і симетрувати електричний режим.

Причому їх компенсуючий ефект залишається незмінним якщо вони увімкнені за несиметричною схемою [1]. Така властивість БСК в багатьох випадках залишається не використаною.

Метою роботи була розробка алгоритму розрахунку параметрів несиметричної БСК, яка забезпечує виконання вимоги енергопостачальної організації що до компенсації реактивної потужності і за цих умов забезпечить максимальний ефект із симетрування електричного режиму.

4.2 Загальний алгоритм розрахунку параметрів БСК

Поставлену мету можна забезпечити, виконуючи розрахунки параметрів несиметричної БСК методами дослідження операцій [18]. Знайти оптимальний роз'язок можна за допомогою двох математичних моделей. Цільова функція однієї із них встановлює аналітичну залежність між додатковими втратами активної потужності, які викликані несиметрією режиму, та параметрами несиметричної БСК. Обмеження цієї моделі – значення реактивної потужності, яка генерується несиметричною БСК. За її допомогою знаходяться параметри несиметричної складової несиметричної БСК. Сукупність цих параметрів створюють вектор X_1 .

Цільова функція другої математичної моделі описує значення реактивної потужності по лінії живлення в залежності від параметрів симетричної складової несиметричної БСК. Параметри цієї складової створюють вектор X_2 .

Остаточне рішення (кінцеві значення параметрів несиметричної БСК по фазах) знаходяться як [18]:

$$X = X_1 + X_2. \quad (4.1)$$

В цілому алгоритм розрахунку параметрів БСК, яка забезпечує оптимальне симетрування електричного режиму за умови виконання вимог

енергопостачальної компанії щодо компенсації реактивних навантажень, зображений на рис. 4.1.

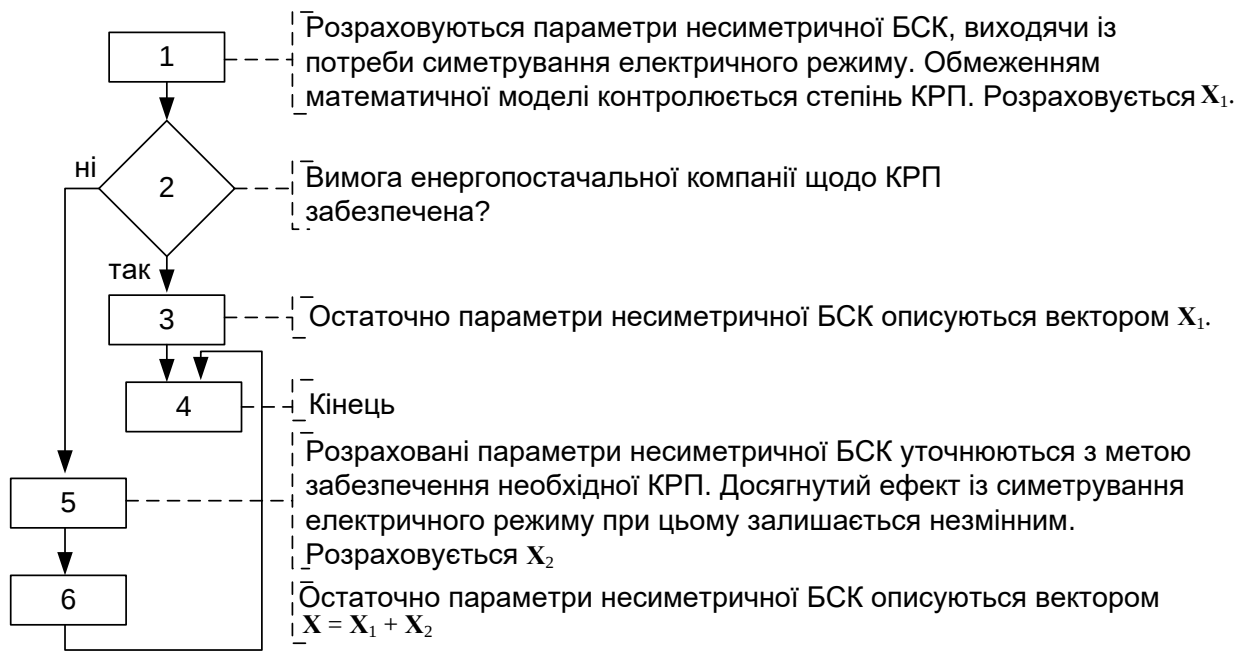


Рисунок 4.1 – Алгоритм розрахунку параметрів БСК із врахуванням ефектів з компенсації реактивної потужності та симетрування електричного режиму

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У бакалаврській роботі розробляється система електропостачання Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод «Маяк». Розглянемо умови праці електротехнічного персоналу в механічному відділенні інструментального цеху, який має у своєму складі велику кількість обладнання з різними виробничими потужностями, умовами експлуатації, та характером середовища, в якому встановлене дане обладнання. Підприємство відноситься до I категорії електропостачання, живлення здійснюється від підстанції 10/0,4 кВ.

На оперативно-ремонтний персонал з обслуговування силового електротехнічного обладнання та електроприводу станків для металообробки впливають за ГОСТ 12.0.003-74 такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні:

- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена вологість повітря у робочій зоні;
- недостатність природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень вібрації,

в) психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

Живлення здійснюється від підстанції 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. У приміщенні цеху використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у робочому приміщенні є струмопровідною.

Згідно із ГОСТ 12.1.030-81, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ - спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх слід захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003-74, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення.

Електропривод насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями - 5см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з

електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробію і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів. Використовують наступні кольори для маркування ізоляції: чорна - для силових ланцюгів; червона - для ланцюгів керування.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустаткуванням використовують основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям. До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожувальні пристосування; плакати та знаки безпеки.

На ключах керування і приводах роз'єднувачів віддільників і вимикачів навантаження, а також на підставках запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, вивішують плакат: "Не включати - працюють люди". На вентилях, що закривають доступ повітря в пневматичні приводи таких апаратів, вивішується плакат: "Не відкривати - працюють люди".

Передбачена проектом апаратура повинна експлуатуватися у відповідності з паспортними значеннями номінального струму та напруги. В процесі експлуатації слід постійно контролювати стан контактних сполучень та ізоляції апаратури, відсутність слідів дуги та оплавлення ошиновування, опір ізоляції силових та освітлювальних мереж, правильність підключення. На всіх підготовлених місцях роботи після накладається заземлення вивішується плакат "Працювати тут".

Зону обробки універсальних верстатів, призначених для обробки заготовок діаметром до 630 мм включно, необхідно огорожувати захисним пристроєм (екраном). З боку, протилежного робочому місцю, у цій зоні також повинен бути екран. Затискні патрони універсальних токарних та токарно-револьверних верстатів повинні мати огороження, яке можна легко відводити убік під час

установлювання та знімання заготовок, не обмежуючи технологічні можливості верстатів.

Планшайба токарно-карусельних верстатів повинна мати огородження, яке не повинне перешкоджати обслуговуванню цих верстатів. У разі розміщення верхньої площини планшайби на 700 мм вище від рівня підлоги вона повинна мати суцільне огородження. Це огородження повинно переміщуватись, бути на 50-100 мм вищим від рівня верхньої площини планшайби і додатково мати знімні щити заввишки від 400 до 500 мм. У разі розміщення верхньої площини планшайби на відстані менше 700 мм від рівня підлоги огородження повинно бути стаціонарним і виконуватись у вигляді обода, верх якого повинен розміщуватись на рівні низу Т-подібних пазів планшайби на відстані не менше 100 мм від неї. На огороженні повинні установлюватись знімні щитки Г-подібної форми, горизонтальна полиця яких повинна доходити (із прозіром) до периферії планшайби, а вертикальна — до підлоги.

У разі розміщення нижньої кромки периферії планшайби на 200 мм вище від рівня підлоги Г-подібні щитки можна не встановлювати. Можна застосовувати огородження (допускається ланцюгом) заввишки 1000 мм і більше. У цьому разі під час завантажування та вивантажування заготовок необхідно передбачати зручне переміщення і надійне закріплювання огороження під час роботи верстата. Корпуси пристроїв, які закріплюються на планшайбах токарно-карусельних верстатів і повинні затискувати оброблювану деталь, повинні утримуватись на планшайбах в основному за допомогою жорстких упорів і додатково силою тертя, що утворюється кріпильними гвинтами.

Забороняється згвинчувати патрон (планшайбу) раптовим гальмуванням шпинделя. Згвинчувати патрон (планшайбу) ударами кулачків об підставку допускається тільки у разі його ручного обертання; в цьому випадку повинні застосовуватись підставки з довгими ручками.

Допускається закріплювати в кулачковому патроні без підпирання центром задньої бабки тільки короткі, завдовжки не більше двох діаметрів, зрівноважені деталі; в іншому разі для підпирання необхідно використовувати задню бабку. Для обробки в центрах деталей завдовжки 12 діаметрів і більше, а також у разі швидкісного та силового різання деталей завдовжки 8 діаметрів і більше необхідно застосовувати додаткові опори (люнети). Перед обробкою деталей в центрах спочатку необхідно перевірити закріплення задньої бабки і тільки після встановлення деталі змастити центр; задній центр під час виконання робіт також повинен періодично змащуватись, а у разі обробки довгомірних деталей – повинен перевірятись також осьовий затискач.

Пруткові токарні автомати та пруткові револьверні верстати повинні мати по всій довжині прутків огородження, оснащене шумопоглинальним пристроєм. У разі застосування огородження у вигляді напрямних труб, що обертаються разом із прутками (або коли прутки із заднього боку виступають за межі огорожі), прутковий магазин повинен мати кругове огородження по всій довжині. Розміщений зовні верстата пристрій для подавання прутків повинен мати огородження, яке не перешкоджає доступу до цього пристрою. Універсальні верстати у разі використання їх для обробки прутків повинні бути, за необхідності, оснащені пристроєм, який обгороджує пруток з боку задньої частини шпинделя. Пруток не повинен виступати за відгороджувальний пристрій. Прутковий матеріал, який подається для обробки на верстат, не повинен мати кривизни.

Забороняється під час виконання робіт на металообробних верстатах токарної групи:

- користуватись затискними патронами, – якщо спрацьовані робочі площини кулачків;
- працювати з необертаним центром задньої бабки – у разі швидкісного різання;
- працювати без закріплення патрона сухарями – для запобігання

самовідвертанню у разі реверсування;

- гальмувати обертання шпинделя натискуванням руки на обертіві частини верстата або деталі;

- залишати в револьверній головці інструмент, який не використовується для обробки даної деталі;

- перебувати між деталлю та верстатом – під час установлення деталі на верстат;

- притримувати руками кінець важкої деталі або заготовки, що відрізається;

- класти деталі, інструмент та інші предмети на станину верстата та кришку передньої бабки;

- закладати та подавати рукою у шпиндель оброблюваний прутки – у разі ввімкненого верстата;

- вимірювати оброблювану деталь скобою, калібром, масштабною лінійкою, штангенциркулем, мікрометром тощо – до повного зупинення верстата, відведення супорта та револьверної головки на безпечну відстань;

- заточувати короткі різці без застосування відповідної оправки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99 [16].

Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання.

Робота з технічного обслуговування електроприводу технологічного обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1- Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху, X
Холодний	Пб	13-23	75	не більше 0,4
Теплий		15-29	70 при 25 °С	0,2-0,5

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

При металообробці виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до [18] наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні верстатника

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони відповідно до ГОСТу 12.1.004-91. ССБТ проектом передбачені наступні рішення [15]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами , які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

Підприємство знаходиться у Вінницькій області, система природного освітлення цеху відноситься до бокової. Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». При боковому суміщеному освітленні $K_{\text{ПО}}(e_n) = 0,9\%$.

Нормоване значення $K_{\text{ПО}}$ для даного виробничого приміщення розраховуємо за формулою:

$$e_N = e_n \cdot m_N,$$

m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$.

$$e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8\%.$$

Природне освітлення одностороннє і здійснюється через вікна, які орієнтовані на схід.

Штучне освітлення

Правильна експлуатація установок природного і штучного освітлення відіграє важливу роль для створення високого рівня освітленості в приміщеннях і економії електроенергії, що витрачається на штучне електричне освітлення. Норми освітленості при штучному освітленні занесені до табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Норми освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фона	Освітленість, ЛК	
						Штучне освітлення	
						Комбіноване	Загальне
Середньої точності	Вище 0,5 до 1	IV	в	Середній, малий	Середній, темний	400	200

Для освітлення миючого відділу вибираємо світильники прямого світла ЛПО-02 з двома люмінесцентними лампами. Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

На підприємстві джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати - механічний шум.

Шум - це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки - дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності.

Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову

систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

Відповідно до [11] рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 10\lg(I/I_0) = 10\lg(p/p_0) = 10\lg(U/U_0) \quad (5.1)$$

де L - рівень шуму, дБ;

p - звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, 5-10 м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^5$ Па.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

- нормування за гранично допустимим спектром шуму;
- нормування рівня звуку за шкалою А шумоміра.

За характером спектру шум - широкосмуговий з безперервним спектром, шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням - гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23-85 і наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних Робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Для зменшення рівня шуму до допустимого в цеху двигуни виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці).

Таблиця 5.5 - Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація:										
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

5.3 Пожежна безпека

Пожежна безпека - стан об'єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону "Про пожежну безпеку".

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

Приміщення механічного цеху, згідно з ОНТП 24-86, відноситься до категорії Г. До цієї категорії відносяться негорючі речовини і матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променевої теплоти, іскор та полум'я, а також горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються у вигляді палива. Механічне відділення розташоване у будівлі, яка характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня 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 вогнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Межі вогнестійкості занесені у таблицю 5.6

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

Таблиця 5.6 - 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 5.7 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Таблиця 5.7 - 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	2	0.75
2	Протипожежні перегородки	2	0.25
3	Протипожежні перекриття	2	1
4	Протипожежні вікна і двері	2	0.6

В таблиці 5.7 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху і межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 5.8 – 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
Д	1	ІІІ	не обмежується		
			5200	-	-

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.

Необхідно встановити біля входу у будівлю 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м х 2м – 1 шт., гаки – 3 шт., лопати – 2 шт., ломы – 2 шт., сокири – 2 шт. Ящик для піску повинен має місткість 3,0 м³ та укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

ВИСНОВКИ

1. Розроблена система електропостачання ПрАТ «Вінницький завод «Маяк» відповідає всім вимогам ПУЕ.
2. Всі елементи системи електропостачання будуть надійно працювати як в нормальних, так і в аварійних режимах роботи мережі, що підтверджується відповідними розрахунками.
3. Відхилення потужності у вузлах під'єднання електроприймачів будуть в межах допустимих значень.
4. Місця розташування ЦРП підприємства та цехових трансформаторних підстанцій вибрані із врахуванням центрів навантаження, то активні втрати в мережах підприємства будуть мінімальні.
5. Бакалаврська робота містить ряд енергозберігаючих технічних рішень, серед яких компенсація реактивної потужності за допомогою комплектних конденсаторних установок типу УКРП - 0,4 (на кожній ТП по дві КУ).
6. Оскільки на підприємстві має місце несиметрія електричних режимів, ефективність використання батарей статичних конденсаторів може бути підвищена за рахунок їх використання також і для симетрування електричних режимів. Відповідний розрахунок можна виконати за розробленим алгоритмом.

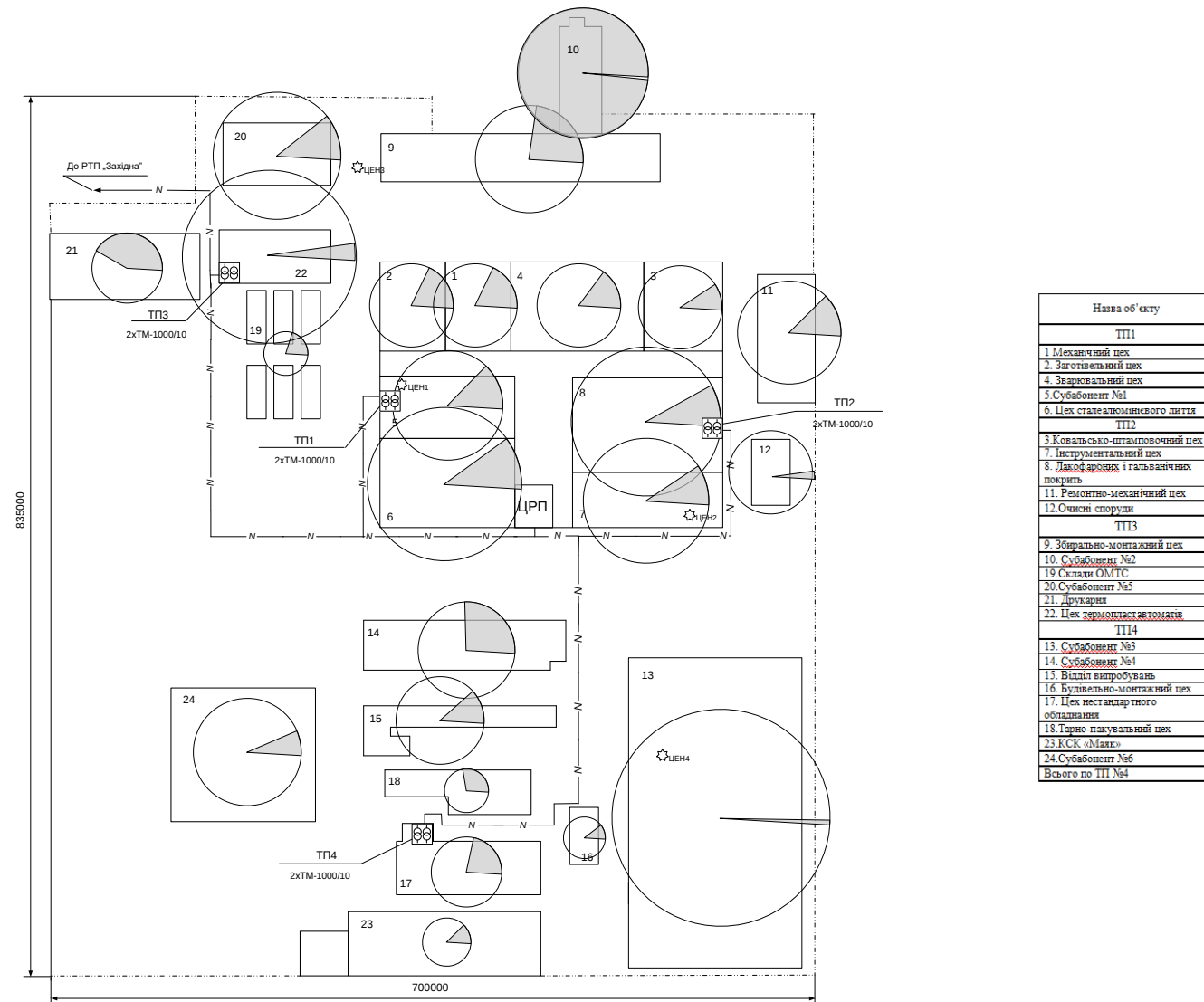
ЛІТЕРАТУРА

1. Бурбело М.Й. Розрахунки в системах електропостачання / М.Й Бурбело – Вінниця ВДТУ, 2002. – 76 с.
2. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. / В.Г. Рудницький –К. : Вид-во Освіта України 2013. -287с.
3. Мазуренко О.Г., Трансформатори та електричні машини. / О.Г. Мазуренко, В.П. Шуліка, О.В. Журавков К. : Нова книга, 2005 -176 с.
4. Подстанции трансформаторные в Украине. Код доступу: <http://www.ua.all.biz/podstancii-transformatornye-bgg1003031>
5. Провод кабель. Код доступу: <http://www.brille.ua/svetilniki/provod-kabel/?gclid=CImZ57vgsMsCFYoEwwodGFoI9Q>
6. Правила улаштування електроустановок ПУЕ-2009. – Х. : Вид-во «Форт». 2009. -700с.
7. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию / Под ред. А.А. Федорова. - М.: Энергоатомиздат, 1987. - Т.1 - 580 с., т.2 - 591 с.
8. Барыбин Ю.Г. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. / Ю.Г Барыбин .- М.: Энергоатомиздат, 1987.
9. Крупович В.И. Справочник по проектированию электроснабжения. / В.И. Крупович, Ю.Г. Барыбин, М.Л. Самовер - М.: Энергоиздат, 1980.
10. Князевский Б.А. Электроснабжение промышленных предприятий. / Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин – М.: Высшая школа, 1986.
12. Безопасность труда в промышленности. Справочник. - К.: Техніка, 1982.
13. А.І. Боберський. Компенсація реактивної потужності та симетрування електричних режимів в системах електропостачання // XLIX Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2020) Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2020/paper/view/10000/8381>

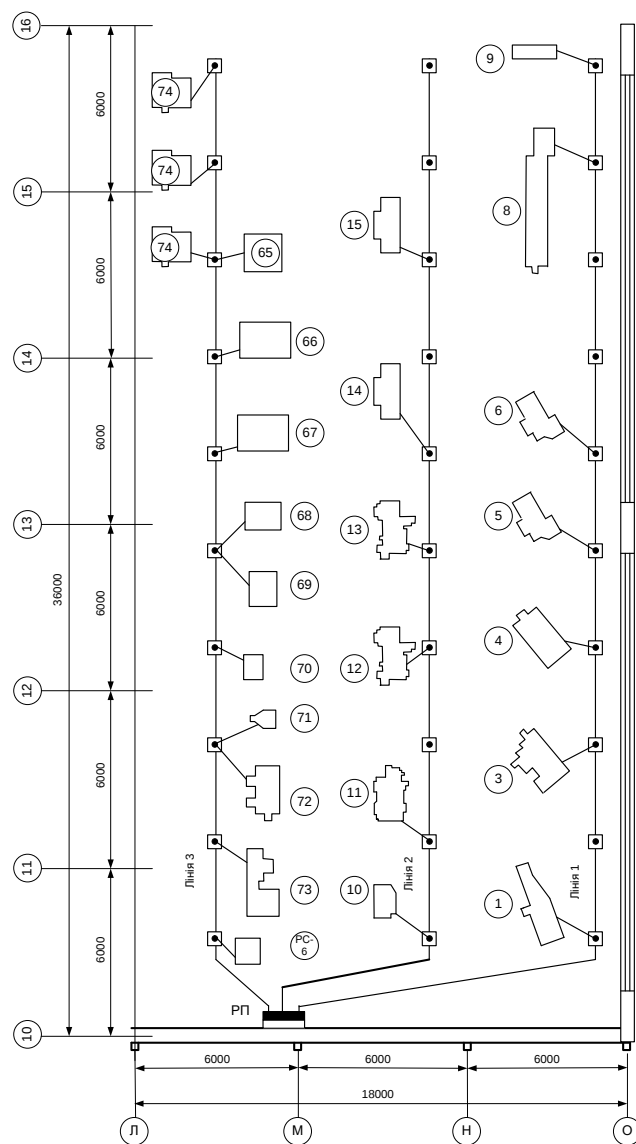
14. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с

ДОДАТКИ

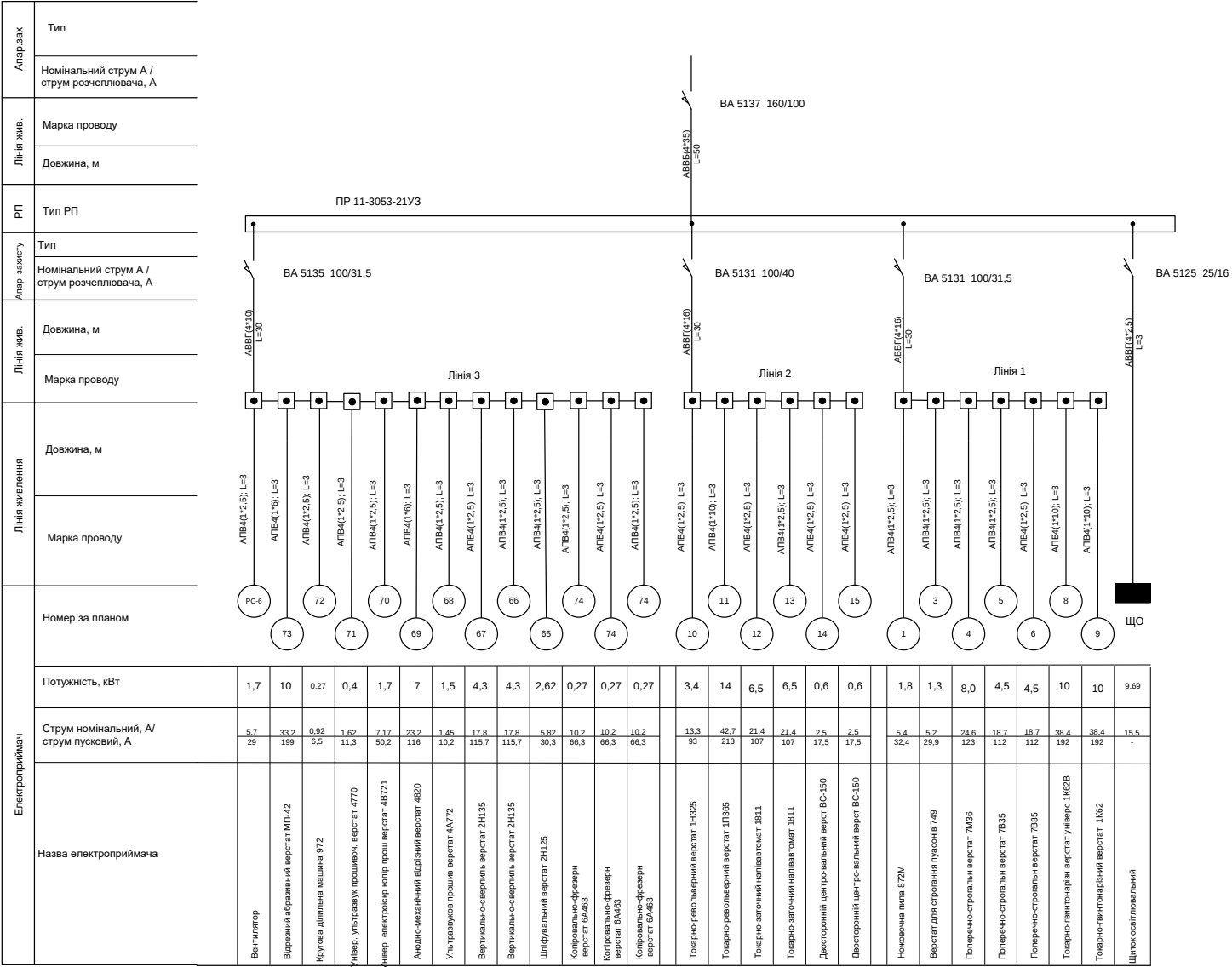
Додаток А. Генплан підприємства з електричними мережами



Додаток Б. Однолінійна схема електропостачання підприємства



Додаток Г. Розрахунково-монтажна таблиця



Додаток Д. Компенсація реактивної потужності та симетрування електричних режимів в системах електропостачання

$$\mathbf{X} = \mathbf{X}_1 + \mathbf{X}_2$$

