

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

менеджменту

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

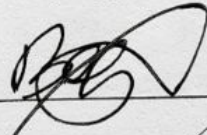
на тему:

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО

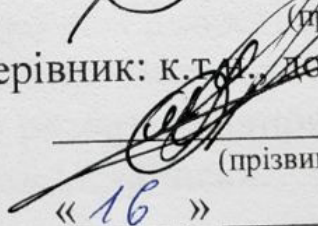
**АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «КАЛИНІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ
ЗАВОД»**

Виконав: студент 4-го курсу, групи ЕЕ-216
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

 Борисюк В.О.
(прізвище та ініціали)

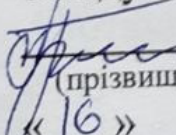
Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

 Кравець О.М.
(прізвище та ініціали) *Олекс. Кравець*

«16» 06 2025 р.

Допущено до захисту

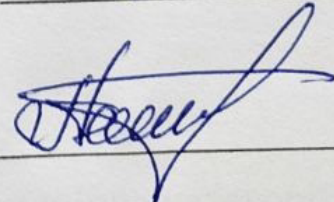
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

 проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«16» 06 2025 р.

Рецензент



С.Г.Н. доц. каф. ЕСЕЕМ *Александр О.*
(прізвище та ініціали)

«17» 06 2025 р.

Вінниця – 2025 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

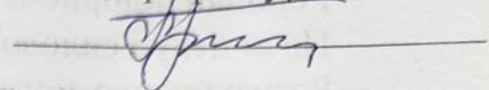
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма «Електропостачання та енергозбереження»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.



«20» 03 2025р.

**ЗАВЛАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Борисюк Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Калинівський машинобудівний завод», керівник роботи Кравець Олександр Миколайович, к.т.н., доц., затверджені наказом по ВНТУ від «20» 03 2025 року, №97

2. Строк подання студентом роботи «09» 06 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства (додаток А).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація.

Вступ.

1. Загальні відомості про підприємство

Відомості про технологічні процеси

Відомості про електричні навантаження. Оцінка категорії з надійності електропостачання

2. Аналіз системи електропостачання підприємства.

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.2 Вибір та розміщення трансформаторних підстанцій

2.3 Вибір та розрахунок схеми електропостачання підприємства

2.3.1. Розрахунок зовнішнього електропостачання

2.3.2. Вибір комутаційного та захисного обладнання ЦРП

2.4 Розрахунок схеми електропостачання цеху

2.4.1. Вибір та розрахунок системи електропостачання цеху

3. Розробка заходів з електробезпеки при експлуатації головної понижуючої підстанції підприємства

Висновки

4. Охорона праці

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3 Пожежна безпека

ВИСНОВКИ

Література

5. Перелік графічного матеріалу.

– Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею

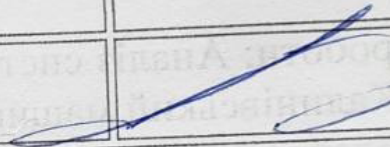
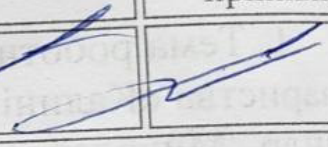
– План цеху і силової мережі

– Розрахунково-монтажна таблиця

– Однолінійна схема електропостачання підприємства

– Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів роботи

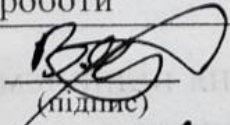
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання « 21 » 03 2025 року

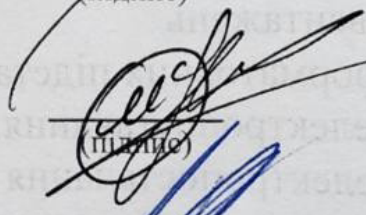
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	до 21.03.2025	вик.
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	до 13.04.2025	вик.
3	Охорона праці	до 28.04.2024	вик.
4	Графічна частина роботи	до 09.06.2025	вик.

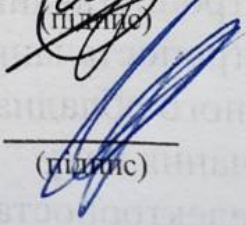
Студент


(підпис)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Борисюк В.О.
(прізвище та ініціали)

Кравець О.М.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

UDC 621.311

Abstract

Borysyuk V.O. Analysis of the power supply system of the Private Joint-Stock Company "Kalyniv Machine-Building Plant". Bachelor's qualification work. Specialty 141 - Electric power, electrical engineering and electromechanics. - Vinnytsia: VNTU, FEEEM. Department of ECEEM, 2025.

A modern power supply system for the machine-building plant has been created taking into account the requirements of advanced design organizations. As an increase in the operational capabilities of the enterprise, the issue of grounding the main elements of the main step-down substation of the enterprise has been developed.

Occupational safety measures have been proposed that contribute to the safety of the enterprise's maintenance and repair personnel.

Fig. 10

Table 12

Bibl. 16

ЗМІСТ

Анотація.....	3
Аннотация.....	4
Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРАТ «КАЛИНІВСЬКИЙ МАШЗАВОД».....	8
1.1 Загальні відомості	8
1.2 Інформаційна характеристика споживачів підприємства.....	9
2 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ	12
2.1 Побудова схеми електропостачання ливарного цеху	12
2.2 Аналіз силової мережі цеху та визначення розрахункових навантажень.....	13
2.3 Розрахунок та вибір провідниково-кабельного матеріалу та комутаційної апаратури для ливарного цеху.....	17
2.4 Аналіз розрахункових навантажень системи електропостачання машинобудівного заводу.....	22
2.5 Вибір потужності цехових трансформаторних підстанцій та їх розташування.....	25
2.6 Визначення потужності і місця розміщення головної понижувальної підстанції	29
2.7 Побудова картограми електричних навантажень та визначення місця встановлення ГПП.....	31
2.8 Розробка схеми електропостачання заводу та вибір її основних елементів.....	33
2.9 Визначення струмів короткого замикання в мережах 10 кВ.....	36
2.10 Визначення струмів коротких замикань в низьковольтних мережах.....	41
3 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЯЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК.....	47
3.1 Загальні положення.....	47
3.2 Загальні вимоги та особливості монтажу контурів заземлення.....	48
3.3 Спорудження контуру заземлення та його розрахунок.....	50
4. Охорона праці.....	55
Висновки.....	61

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63
Додатки.....	65
Додаток А – Вихідні дані	66
Додаток Б - Протокол перевірки роботи на наявність текстових запозичень...	69
Додаток В - Генплан підприємства з нанесеною картограмою навантажень....	70
Додаток Г - Однолінійна схема електропостачання.....	71
Додаток Д - План ливарного цеху.....	72
Додаток Є - Розрахунково-монтажна таблиця.....	73
Додаток Ж – План заземлення ТП	74

Вступ

Актуальність теми. Аналіз та розробка системи електропостачання любого підприємства є актуальним, так як створює умови безперебійного та надійного живлення основного технологічного процесу. Особливо це стосується на сучасному етапі підприємств машинобудівної галузі, які можуть виконувати різноманітні оборонні замовлення.

Мета і задачі дослідження. Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є проектування з попереднім аналізом системи електропостачання Калинівського машинобудівного заводу, яка б задовольняла сучасним вимогам, що висуваються до них .

Задачі бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз та розробити систему електропостачання Приватного акціонерного товариства «Калинівський машинобудівний завод»;
- підвищити якість та безпеку виконання всіх видів електроремонтних робіт за рахунок створення мережі заземляючих пристроїв головної понижувальної підстанції.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Приватного акціонерного товариства «Калинівський машинобудівний завод».

Предмет дослідження – впровадження передових технологій проектування систем електропостачання з метою підвищення її ефективності.

Методи досліджень. У бакалаврській кваліфікаційній роботі використанні методи розрахунку, що пропонуються проектними організаціями, а також методи фундаментальних знань з теорії електротехніки, математичної алгебри та окремих емпіричних методів, що покладені в основу загальних алгоритмів визначення окремих величин, які притаманні принципам побудови систем електропостачання.

Новизна. Полягає в адаптації та використанні сучасних методів проектування орієнтованих на машинобудівну галузь.

Практична цінність. Результати отриманні в процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи можуть бути використанні при синтезі подібних систем забезпечення електроенергією підприємств любой галузі.

1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРАТ «КАЛИНІВСЬКИЙ МАШЗАВОД»

1.1 Загальні відомості

Калинівський машинобудівний завод спеціалізується на виготовленні, поставках та інсталяції обладнання (механічних вузлів та запчастин для сільгосптехніки), що призначена в основному для переробної та харчової промисловості. Крім того підприємство може виконувати комплексні проекти, пов'язанні з технологічними рішеннями підбору, проектуванню, виготовленню, автоматизації, поставки, монтажу електрообладнання та пусконаладжувальні роботи з подальшим гарантійним, сервісним та післягарантійним обслуговуванням.

Територіально завод розташований неподалік Вінниці у селищі Калинівка та займає площу приблизно 20000 м². Ця територія охоплює всі основні, допоміжні, складські приміщення та адміністративні корпуси.

Для виготовлення продукції Калинівський завод має у своєму складі всі необхідні цехи та приміщення, що в повному обсязі у закритому циклі дозволяють приймати необхідні матеріали (в тому числі по залізниці) та виконувати їх переробку та виготовляти необхідну продукцію.

Окрім того завод пропонує зацікавленим в його продукції підприємствам організувати трансфер та розміщення з метою ознайомлення з виробничими майданчиками, конструкторським бюро та готовою продукцією. Ця новинка дозволяє не тільки заохотити майбутніх споживачів продукції, а і своїми очима побачити весь цикл технологічного процесу.

Особливою гордістю заводу є цех гальваніки та безліч допоміжних цехів, які не тільки дозволяють виконувати механічну обробку, а і виконувати ремонт та обслуговування основних елементів електричних двигунів та електромагнітних котушок. При виготовленні всіх елементів обладнання, що випускається заводом запроваджено процес перевірки якості та ізоляційної стійкості виробів, що використовуються в електричних насосах.

Таким чином, для злагодженої та безперебійної роботи технологічного процесу Калинівського машзаводу необхідна надійна та ефективна система електропостачання. Надамо основну інформацію про споживачів електричної енергії, що задіяні в технологічному процесі.

1.2 Інформаційна характеристика споживачів підприємства

Для живлення заводу використовується зовнішня лінія 35 кВ, яка проходить на відстані біля двох кілометрів від його території. Лінія належить АТ «Вінницяобл-енерго».

Охарактеризуємо електричні навантаження цехів та приміщень заводу. Дані наведемо в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження цехів

№ на ген. плані	Назва цеху	P_n , кВт	Категорія
1	Складальний цех	5400	II
2	Механічний цех	3500	II
3	Заготівельний цех	1250	II
4	Адміністративно-побутовий корпус	114	II
5	Будівля ЦТНС	10	II
6	Ковальсько-пресова дільниця	1300	II
7	Інструментальний цех	450	II
8	Гальванічна дільниця	60	II
9	Експериментальний цех	120	II
10	Котельня	15	II
11	Цех товарів народного споживання	720	II
12	Насосна станція	9	II
13	Відділ головного механіка	320	II
14	Ливарний цех	906	II
15	Нафтова ловушка	3	II
16	Транспортна дільниця	13	II
17	Компресорна станція	160	II
18	Газорозподільний пункт	24	II



Рис.1.1 – Генеральний план заводу

В якості розрахункового цеху обрано один із основних цехів – ливарний, який має в своєму складі 25 потужних електроприймачів, план з розміщенням обладнання якого, представлений на рисунку 1.2

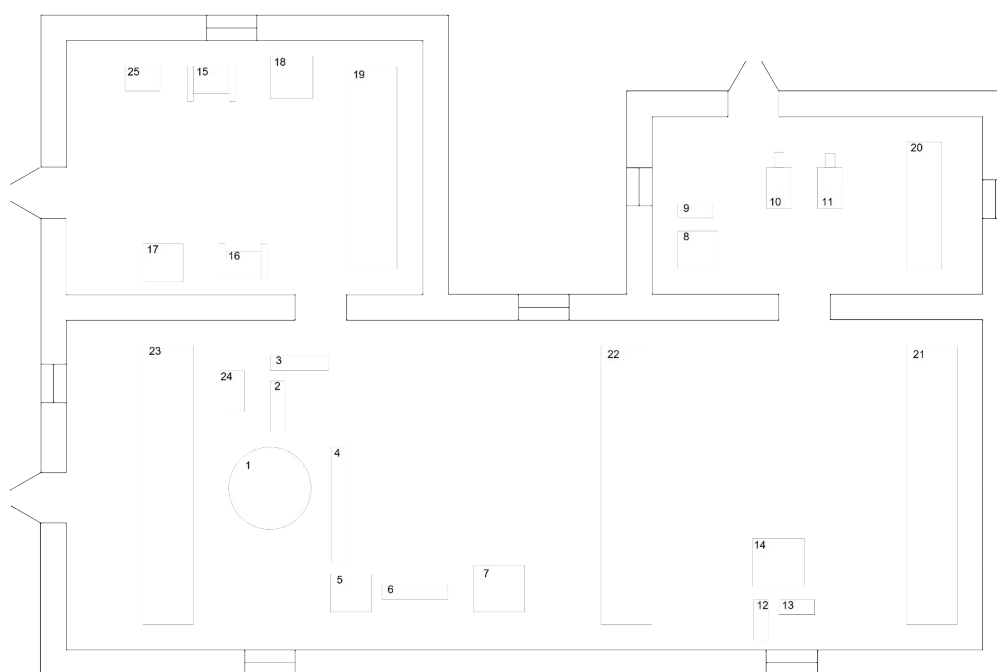


Рисунок 1.2 - План ливарного цеху з розміщенням технологічного обладнання

Таблиця 1.2 – Інформація про електричні навантаження цеху

№	Назва	К-сть	Рн, кВт
1	Змішувач чашечний	1	28
2	Транспортер видачі готової суміші від змішувача	1	4
3	Транспортер подачі горілої суміші в резервуар	1	5,6
4	Транспортер подачі горілої суміші в бункер	1	4,7
5	Елеватор ковшовий	1	5,1
6	Транспортер подачі горілої суміші в елеватор	1	4,5
7	Решітка вибивна	1	4,4
8,9	Піч індукційна з електрообладнанням	2	130
10	Машина центробіжна 553-2	1	25
11	Машина центробіжна 552-2	1	17
12-14	Піч індукційна з електрообладнанням	3	130
15,16	Станок обдирочно-шліфовальний	2	15
17	Барабан очисний дробомітний	1	36,6
18	Барабан очисний галтовочний	1	8
19	Кран-містовий	1	23,2
20	Кран-балка	1	3,5
21	Кран-балка	1	9,3
22	Кран електромостовий	1	27,2
23	Кран-балка	1	12,5
24	Глиномішалка	1	3
25	Станок вертикально-свердильний	1	4,4

2 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЗАВОДУ

2.1 Побудова схеми електропостачання ливарного цеху

Аналіз електричних споживачів ливарного цеху та їх розміщення на плані покладений в основу вибору доцільної схеми електропостачання. Особливості використання та розташування ливарного обладнання обумовлюють серед існуючих схем електропостачання обрати радіальну схему живлення. Для умов нашого підприємства вона передбачає встановлення в цеху трьох розподільчих пристроїв, до яких рівномірно під'єднанні відповідні споживачі. Для живлення споживачів передбачаємо провідники, що будуть прокладені в трубах розташованих у підлозі. Ця вимога впливає з того, що ливарний цех відноситься до приміщень з особливими вимогами до експлуатації та монтажу обладнання. Окрім того передбачимо живлення потужних споживачів (ЕП 8-9, 12-14) безпосередньо від цехової підстанції.

Перевагою виконання цехової електричної мережі по радіальній схемі є забезпечення надійності електропостачання споживачів.

На рисунку 2.1 представлений план ливарного цеху з розміщенням електротехнологічного обладнання та живлячою мережею 0,4 кВ.

Саме таке приєднання споживачів, яке показано на рисунку, формує радіальну схему живлення, що дає наочну можливість побачити її переваги.

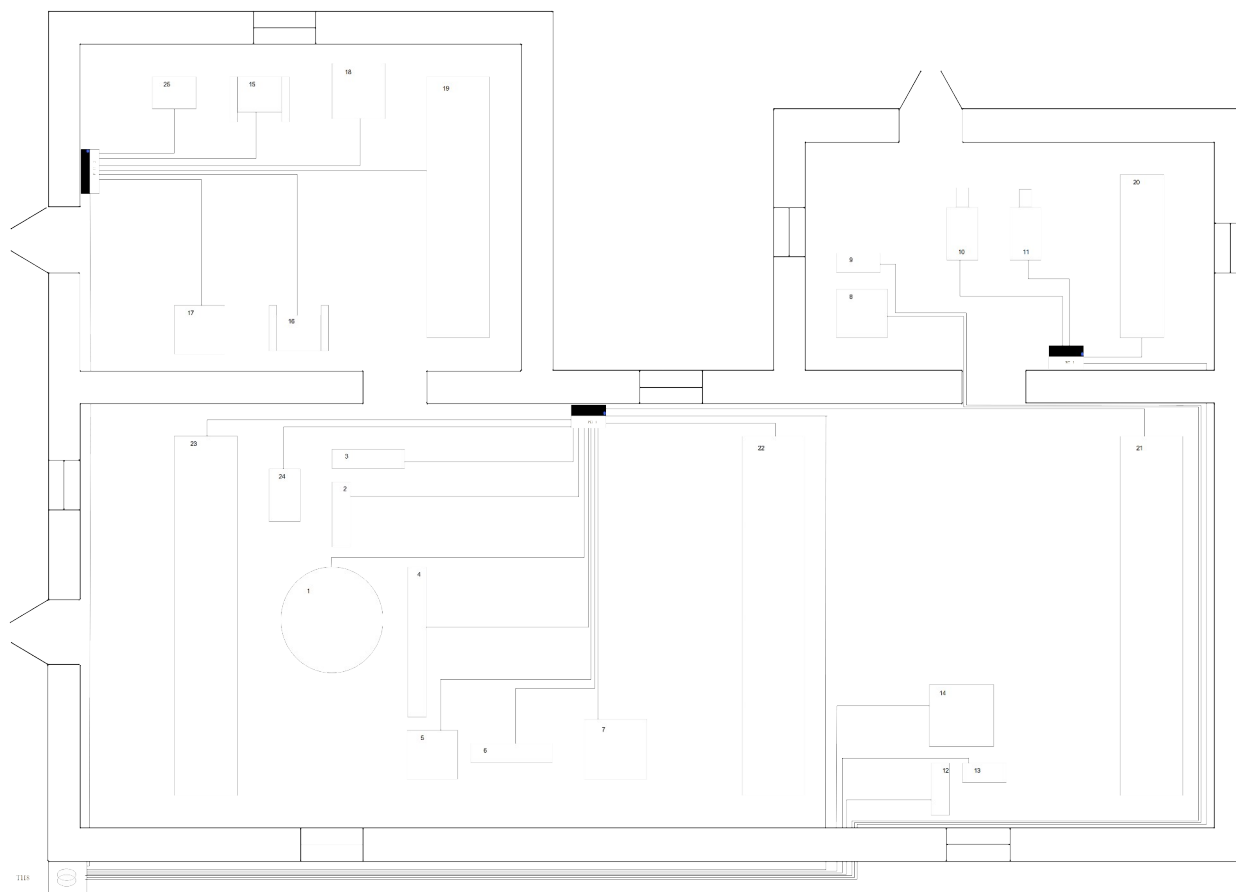


Рисунок 2.1 - План ливарного цеху з силовою мережею

2.2 Аналіз силової мережі цеху та визначення розрахункових навантажень

Основою побудови мережі живлення споживачів цеху є виконання розрахунку електричних навантажень. Даний розрахунок базується на прийнятих в проектній практиці методах, стислий алгоритм яких представлений нижче [2].

Розрахункові навантаження потужних споживачів та споживачів невеликих груп, що живляться від розподільчих пристроїв визначаються за виразом:

$$P_M = P_n, \quad Q_M = P_M \operatorname{tg} \varphi_n, \quad (2.1)$$

де P_n – паспортне значення (номінальне) активної потужності приймача;
 $\operatorname{tg} \varphi_n$ - відповідний коефіцієнт реактивної потужності.

Зазвичай P_n визначається за паспортними даними електроприймача, що

нанесенні безпосередньо на електроприводі.

На наступному кроці знаходяться значення середніх навантажень за зміну, при якій ці приймачі найбільше завантажені, використовуючи вирази:

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

де $\operatorname{tg} \varphi_{ci}$ - усереднені значення $\operatorname{tg} \varphi$ електроприймача [2].

k_{Bi} - коефіцієнт використання для певного електроприймача;

n – кількість електроприймачів.

Груповий коефіцієнт використання K_M визначається за спеціальними таблицями в залежності від значень n_e , K_B .

Тоді:

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

де P_H - паспортне значення (номінальне) активної потужності приймачів.

Визначення ефективного числа електроприймачів n_e виконується за формулою:

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

Наведемо приклад визначення середніх значень активної та реактивної потужності для електроприймача №5 – ковшового елеватору:

$$P_{cm} = k_b \cdot P_n = 0,25 \cdot 5,1 = 1,275 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi_c = 1,275 \cdot 0,88 = 1,12 \text{ (квар)}.$$

Отриманні значення дають змогу визначити k_b для групи споживачів, що приєднанні до РП1:

$$K_{B \text{ гр.}} = \frac{\sum P_{cm}}{P_{H\Sigma}} = \frac{293,1}{498} = 0,588.$$

Значення коефіцієнту максимуму активної потужності $K_M = 1,2$ визначається за допомогою [2].

Значення ефективного числа електроприймачів для групи знайдемо наступним чином:

$$n_{ef} = \frac{(1 \cdot 28 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 5,6 + 1 \cdot 4,7 + 1 \cdot 4,5 + 1 \cdot 5,1 + 1 \cdot 4,4 + 1 \cdot 9,3 + 1 \cdot 27,2 + 1 \cdot 12,5 + 1 \cdot 3)^2}{1 \cdot 28^2 + 1 \cdot 4^2 + 1 \cdot 5,6^2 + 1 \cdot 4,7^2 + 1 \cdot 4,5^2 + 1 \cdot 5,1^2 + 1 \cdot 4,4^2 + 1 \cdot 9,3^2 + 1 \cdot 27,2^2 + 1 \cdot 12,5^2 + 1 \cdot 3^2} = 6,14$$

Знайдемо 30 хвилинне усереднене значення розрахункової потужності по РП1:

$$P_{M\Sigma} = K_M \cdot P_{cm\Sigma} = 1,2 \cdot 39,6 = 47,53 \text{ (кВт)},$$

Теж саме для реактивної потужності:

$$Q_{M\Sigma} = 29,4 \cdot 1,2 = 35,32 \text{ (квар)}.$$

Тоді повне значення розрахункової потужності буде:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{47,53^2 + 35,32^2} = 59,21 \text{ (кВА)}.$$

Розрахункові навантаження решти споживачів цеху виконаємо подібним чином, а результати представимо у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Розрахункові навантаження ливарного цеху

Найменування РП та груп ЕП		Кі- лькі сть	Р _н		К _в	cos / tg		Середня потужність		п _е	К _м	Розрахункове навантаження		
1			2 Р _н	4	5	6	6 (1)	7	8	9	10	11	12	13
РП1			1, кВт	Σ, кВт				Р _{см} , кВт	Q _{см} , кВар			Р _м , кВт	Q _м , кВар	С _м , кВА
	Змішувач чашечний(1)	1	28	28	0,5	0,8	0,75	14	10,50					
	Транспортер видачі го- тової суміші від змішувача(2)	1	4	4	0,65	0,85	0,62	2,6	1,61					
	Транспортер подачі горі- лої суміші в резервуар(3)	1	5,6	5,6	0,65	0,85	0,62	3,64	2,26					
	Транспортер подачі горі- лої суміші в бункер(4)	1	4,7	4,7	0,65	0,85	0,62	3,055	1,89					
	Елеватор ковшовий(5)	1	5,1	5,1	0,250	0,75	0,88	1,275	1,12					
	Транспортер подачі горі- лої суміші в елеватор(6)	1	4,5	4,5	0,65	0,85	0,62	2,925	1,81					
	Решітка вибивна(7)	1	4,4	4,4	0,5	0,8	0,75	2,2	1,65					
	Кран-балка(21)	1	9,3	9,3	0,150	0,75	0,88	2,2	1,65					
	Кран електромістовий(22)	1	27,2	27,2	0,200	0,75	0,88	1,395	1,23					
	Кран-балка(23)	1	12,5	12,5	0,150	0,75	0,88	5,44	4,80					
	Глиномішалка(24)	1	3	3	0,400	0,8	0,75	1,875	1,65					
	Всього РП1	11		108	0,366			39,6	29,4	6,14	1,2	47,53	35,315	59,21
	Станок обдирочно-шлі- фовальний(15-16)	2	15	30	0,450	0,85	0,62	6,75	4,18					
	Барабан очисний дробомі- тний(17)	1	36,6	36,6	0,500	0,8	0,75	18,3	13,73					
	Барабан очисний гал- товочний(18)	1	8	8	0,500	0,8	0,75	4	3,00					
	Кран-містовий(19)	1	23,2	23,2	0,2	0,75	0,88	4,64	4,09					
	Станок вертикально- свердильний(25)	1	4,4	4,4	0,400	0,85	0,62	1,76	1,09					
	Всього РП2	6		79	0,475			37,56	26,18	3,33	1,3	48,83	34,04	59,52
	Машина центробіжна 553- 2(10)	1	25	25	0,300	0,85	0,62	7,5	4,65					
	Машина центробіжна 552- 2(11)	1	17	17	0,300	0,85	0,62	5,1	3,16					
	Кран-балка(20)	1	3,5	3,5	0,150	0,75	0,88	0,525	0,46					
	Всього РП3	3		45,5	0,25			13,1	8,27	2,23	3	39,38	24,815	46,542
	Піч індукційна з електрообладнанням(8-9, 12-14)	5	130	650	0,65	0,55	1,52	422,5	641,56					
	Всього по цеху	25		906	0,6			506	701,3	9,15	0,9	455,4	631,17	778,3

Отриманні значення використаємо для вибору комутаційної апаратури та провідників.

2.3 Розрахунок та вибір провідниково-кабельного матеріалу та комутаційної апаратури для ливарного цеху.

Для виконання поставленої задачі скористуємося методиками, які представлені у [2]. Автоматичні вимикачі вибираються з дотриманням наступних умов:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} I_M, \quad (2.5)$$

$$I_{с.в} \geq K_n I_n, \quad (2.6)$$

де $I_{н.розч}$ - величина номінального струму розчеплювача;

$I_{с.в}$ - значення струму спрацювання струмової відсічки;

$K_{відс}$ - коефіцієнт, що характеризує умови надійності відстроювання захисту від струмових перевантажень;

K_n - коефіцієнт, що характеризує надійність спрацювання струмової відсічки;

I_n - пусковий струм електродвигуна.

Оберемо з електроприймачів ливарного цеху один із характерних, наприклад, індукційну піч, та покажемо як потрібно обирати комутаційні апарати.

Для початку визначимо значення розрахункового струму в лінії живлення цього приймача:

$$I_M = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi} = \frac{130}{1,732 \cdot 0,38 \cdot 0,55} = 359,12 \quad (\text{А}).$$

Наступний крок пов'язаний з визначенням номінального струму розчеплювача та струму спрацювання вимикача:

$$I_{н.роз} \geq K_{відс} I_M = 1 \cdot 359,12 = 359,12 \text{ (A)};$$

$$I_{с.в} \geq K_n I_n = 2,1 \cdot 359,12 = 754,15 \text{ (A)}.$$

Значення коефіцієнтів $K_{відс}$ і K_n - обрані з [2].

За визначеними величинами обираємо до встановлення автоматичний вимикач вітчизняного виробництва фірми АСКО УКРЕМ серії ВА51-37, що має номінальний струм 400 А і струм розчеплювача 400 А та комплектується електромагнітним та тепловим розчеплювачем з відповідним струмом.

Користуючись таким же алгоритмом вибираємо автоматичні вимикачі, що захищають живлячі лінії всіх інших електроприймачів. Інформація про них буде наведена нижче, а їх технічні характеристики відповідають вимогам, що наведені в [2].

Тепер проведемо вибір вимикачів, що необхідні для захисту ліній живлення від трансформаторних підстанцій до розподільчих пунктів.

Розрахунковий струм для лінії трансформаторна підстанція – РП1 визначається як:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{59,21}{1,732 \cdot 0,38} = 89,96 \text{ (A)}.$$

Значення пікового струму буде:

$$I_n = I_M - K_v I_{н.макс} + I_{п.макс}, \quad (2.7)$$

де $I_{н.макс}$, $I_{п.макс}$ - струмові характеристики найбільш потужного споживач;

K_v - величина коефіцієнту використання цього споживача.

$$I_n = 89,96 - 0,5 \cdot \frac{28}{1,732 \cdot 0,38 \cdot 0,8} + 5 \frac{28}{1,732 \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 329,27 \text{ (A)}.$$

Для захисту зазначеної лінії доцільно обрати автоматичний вимикач вітчизняного виробництва серії ВА з напівпровідниковим розчеплювачем, що дає можливість селективного захисту .

До встановлення приймемо автоматичний вимикач серії ВА, для якого розрахуємо значення номінальних струмів розчеплювача та відсічки:

$$I_{н.роз} \geq K_{відс} I_M = 1,1 \cdot 89,96 = 98,95 \text{ (A)},$$

$$I_{с.в} \geq K_{н} I_{н} = 1,5 \cdot 329,27 = 493,9 \text{ (A)}.$$

Згідно отриманих результатів вибираємо селективний автоматичний вимикач ВА 55-37, що має номінальний струм 160 А та струм розчеплювача 100,8 А з кратністю спрацювання 5.

Результати всіх інших розрахунків приведемо в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика комутаційної апаратури

Лінія	S _м , кВА	I _м , А	I _п , А	Тип захи- сного апарата	I _{ном.в} , А	I _{н.розч} (розр), А	I _{н.розч} , А	I _{сВ(розр)} , А	I _{сВ} , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП1-ЕП1	35,00	53,18	265,88	ВА 51-31	100	53,18	63	558,36	630
РП1-ЕП2	4,71	7,15	35,75	ВА 51-25	25	7,15	8	75,07	80
РП1-ЕП3	6,59	10,01	50,05	ВА 51-25	25	10,01	12,5	105,10	125
РП1-ЕП4	5,53	8,40	42,01	ВА 51-25	25	8,40	10	88,21	100
РП1-ЕП5	6,8	10,33	51,66	ВА 51-25	25	10,33	12,5	108,48	125
РП1-ЕП6	5,29	8,04	40,22	ВА 51-25	25	8,04	10	84,46	100
РП1-ЕП7	5,5	8,36	41,78	ВА 51-25	25	8,36	10	87,74	100
РП1-ЕП21	12,40	18,84	94,20	ВА 51-25	25	18,84	20	197,82	200
РП1-ЕП22	36,27	55,10	275,51	ВА 51-31	100	55,10	63	578,57	630
РП1-ЕП23	16,67	25,32	126,61	ВА 51-31	100	25,32	31	265,88	310
РП1-ЕП24	3,75	5,70	28,49	ВА 51-25	25	5,70	8	59,82	80
ТП-РП1	59,21	89,96	329,27	ВА 55-37	160	98,95	100,8	493,9	504
РП2-ЕП15-16	17,65	26,81	134,06	ВА 51-31	100	26,81	31	281,53	310
РП2-ЕП17	45,75	69,51	347,55	ВА 51-31	100	69,51	80	729,85	800
РП2-ЕП18	10,00	15,19	75,97	ВА 51-25	25	15,19	20	159,53	200

РП2-ЕП25	5,18	7,86	39,32	ВА 51-25	25	7,86	10	82,58	100
ТП-РП2	59,52	90,43	362,51	ВА 55-37	160	99,47	100,8	543,7	705,6

Продовження таблиці 2.2 – Характеристика комутаційної апаратури

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РП3-ЕП10	29,41	44,69	223,43	ВА 51-31	100	44,69	50	469,21	500
РП3-ЕП11	20,00	30,39	151,93	ВА 51-31	100	30,39	40	319,06	400
РП3-ЕП20	4,67	7,09	35,45	ВА 51-25	25	7,09	10	74,45	100
ТП-РП3	46,54	70,71	285,33	ВА 55-37	160	77,78	100,8	428	504
ТП-ЕП 8-9, 12-14	236,36	359,12	359,12	ВА 51-37	400	359,12	400	754,15	4000

Перейдемо до вибору внутрішньої цехової мережі 0,4 кВ. Для гарячих цехів до яких відноситься ливарний цех діючими правилами рекомендується живлячу мережу виконувати провідниково-кабельним матеріалом, що може бути прокладений в електротехнічних трубах. Оберемо марки проводів АПВ та кабелів типу АВВГ з алюмінієвими жилами.

Переріз проводу можна вибрати користуючись умовою:

$$I_{доп} \geq I_M \quad (2.8)$$

Визначимо допустиму втрату напруги в лініях, що повинна складати не більше 5 % скориставшись формулою:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I_M \cdot (R_{num} \cdot \cos \varphi + X_{num} \cdot \sin \varphi) \cdot l = \frac{P_M \cdot R_{num} + Q_M \cdot X_{num}}{U_n} \cdot l. \quad (2.9)$$

В якості чисельного прикладу визначимо переріз проводу, що буде живити електроприймач №1:

$$I_{доп} \geq 53,18 \text{ (А)}.$$

Отримане значення свідчить про те, що можна вибрати провід марки

АПВ 4 (1х16) з відповідним допустимим струмом, що становить 55 (А).

Виконаємо перевірку обраного переізу проводу на втрату напруги на ділянці лінії РП1-ЕП1:

$$\Delta U_1 = \frac{14 \cdot 2,1 + 10,5 \cdot 0,078}{380} \cdot 7 = 0,54 (В).$$

Що відповідає відносному значенню:

$$\Delta U = \frac{0,54}{380} \cdot 100\% = 0,14\%;$$

Інформацію про всі інші марки та перерізи живлячих проводів та кабелів приведемо в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Інформація про провідниково-кабельну продукцію.

Лінія	Ім, А	Ін.розч , А	Тип провід- ника	Спосіб проклад- ки	S, мм2	Ідоп, А	l,м	ΔU,%
РП1-ЕП1	53,18	63	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х16)	55	7	0,14
РП1-ЕП2	7,15	8	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	4,5	0,12
РП1-ЕП3	10,01	12,5	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	4	0,15
РП1-ЕП4	8,40	10	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	6,5	0,17
РП1-ЕП5	10,33	12,5	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	8	0,11
РП1-ЕП6	8,04	10	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	7,5	0,21
РП1-ЕП7	8,36	10	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	8	0,16
РП1-ЕП21	18,84	20	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	1,5	0,22
РП1-ЕП22	55,10	63	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х25)	65	12	0,19
РП1-ЕП23	25,32	31	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х10)	38	4,5	0,29
РП1-ЕП24	5,70	8	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	7	0,13
ТП-РП1	89,96	100,8	ААБ	в траншеї	4(1х25)	115	3	0,14
РП2-ЕП15- 16	26,81	31	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х10)	38	3,5	0,18
РП2-ЕП17	69,51	80	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х35)	75	3	0,04
РП2-ЕП18	15,19	20	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	4	0,2
РП2-ЕП25	7,86	10	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х2,5)	19	2,5	0,09
ТП-РП2	90,43	100,8	ААБ	в траншеї	3(1х25)	115	15	0,12
РП3-ЕП10	44,69	50	АПВ	в підлозі в трубі	4(1х16)	55	4	0,15

РПЗ-ЕП11	30,39	40	АПВ	в підлозі в трубі	4(1x10)	38	3,5	0,16
РПЗ-ЕП20	7,09	10	АПВ	в підлозі в трубі	4(1x2,5)	19	2	0,05
ТП-РПЗ	70,71	100,8	ААБ	в траншеї	3(1x16)	90	13	0,1
ТП-ЕП8-9, 12-14	359,1 2	400	ААБ	в траншеї	3(1x185)	385	10	0,31

2.4 Аналіз розрахункових навантажень системи електропостачання машинобудівного заводу

Одним із відповідальних питань проектування загально-заводської системи електропостачання є визначення розрахункових навантажень кожного з об'єктів (цехів), що входять до складу підприємства.

Для цього в [2] рекомендується використовувати метод коефіцієнту попиту навантаження.

При визначенні розрахункових навантажень цехів необхідно окрім силового враховувати наявність освітлювального навантаження.

Наведемо приклад розрахунку на базі ливарного цеху. Визначимо активне та реактивне значення розрахункових потужностей:

$$P_{mc} = P_n \cdot K_n = 906 \cdot 0,6 = 543,6 \text{ (кВт)}; \quad (2.10)$$

$$Q_{mc} = P_{mc} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 543,6 \cdot 0,48 = 260,93 \text{ (квар)}; \quad (2.11)$$

$$P_{no} = P_{um0} \cdot K_{пра} \cdot F = 0,015 \cdot 1,2 \cdot 3168 = 57,024 \text{ (кВт)}, \quad (2.12)$$

де K_n – величина прийнятого по [2] коефіцієнту попиту;

$K_{пра}$ – значення коефіцієнту, що враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі [2].

Допускається у приміщенні встановлювати люмінесцентні світильники для яких $K_{пра} = 1,2$.

Тоді:

$$P_{MO} = P_{HO} \cdot K_{HO} = 57,024 \cdot 0,8 = 45,6 \text{ (кВт)}; \quad (2.13)$$

$$Q_{MO} = P_{MO} \cdot \operatorname{tg} \varphi = 45,6 \cdot 0,48 = 21,9 \text{ (квар)}. \quad (2.14)$$

Розрахунки для всіх інших цехів по визначенню розрахункових навантажень проведемо аналогічним чином. Окрім того визначимо сумарні розрахункові активні та реактивні навантаження всього підприємства. Цехів проводяться аналогічно.

$$P_M = P_{MO} + P_{MC} = 45,6 + 543,6 = 589,22 \text{ (кВт)}, \quad (2.15)$$

$$Q_M = Q_{MO} + Q_{MC} = 21,9 + 260,93 = 282,83 \text{ (кВАр)}, \quad (2.16)$$

Значення повного розрахункового навантаження машинобудівного заводу:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} = \sqrt{589,22^2 + 282,83^2} = 653,58 \text{ (кВА)}. \quad (2.17)$$

Необхідно також врахувати коефіцієнт одночасності роботи споживачів заводу, що виконується наступним чином:

$$P_M = K_O \left(\sum_{k=1}^N P_{M.k} + P_{M.Ц.k} + P_{M.3} \right); \quad (2.18)$$

$$Q_M = K_O \left(\sum_{k=1}^N Q_{M.k} + Q_{M.Ц.k} + Q_{M.3} \right), \quad (2.19)$$

де $P_{M.k}$, $Q_{M.k}$ – розрахункові навантаження цехів;

N – кількість цехів;

$P_{м.ц}$, $Q_{м.ц}$ – величини активного та реактивного навантаження споживачів у цехах в режимі максимального навантаження на напругу 10 кВ, що приєднанні до ГПП або РП-10кВ.

K_0 – значення коефіцієнту одночасності на збірних шинах РП або ГПП - [2];

$P_{м.з}$, $Q_{м.з}$ – величини активного та реактивного навантаження споживачів заводув режимі максимального навантаження на напругу 10 кВ, що приєднанні до ГПП або РП-10кВ.

$$P_{мз} = 0,9 \cdot (7704,11) = 6933,7 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{мз} = 0,9 \cdot (6743,08) = 6068,77 \text{ (квар)};$$

$$S_{мз} = \sqrt{6933,7^2 + 6068,77^2} = 9214,45 \text{ (кВА)}.$$

Результати всіх розрахунків наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

Споживач	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження								Всього		
	Рн,кВт	Кп	cosφ	tgφ	Рм.с., кВт	Qм.с. к Вт	F, м²	Рпит.о., кВт/м²	Кп.о.	Кпрас	cosφo	Рм.о., кВт	Qм.о., квар	Рм, кВт	Qм, кВАр	Sm, кВА	
Складальний цех	5400	0,4	0,80	1,02	2160	2203,20	6638	2	0,015	0,95	1,2	0,9	455,51	464,62	2615,51	2667,82	3736,06
Механічний цех	3500	0,4	0,70	0,75	1400	1050,00	964	9	0,016	0,95	1,2	0,9	181,74	136,31	1581,74	1186,31	1977,18
Заготівельний цех	1250	0,6	0,80	1,02	750	765,00	133	5	0,016	0,95	1,2	0,9	93,63	95,50	843,63	860,50	1205,06
Адміністрати- вно- побутовий корпус	114	0,6	0,90	0,75	68,4	51,30	314	6	0,016	0,8	1,2	0,9	96,98	72,74	165,38	124,04	206,73
Будівля ЦТНС	10	0,8	0,80	0,48	8	3,84	437	1	0,013	0,8	1,2	0,9	17,93	8,61	25,93	12,45	28,77
Ковальсько- пресова дільниця	1300	0,4	0,80	0,75	520	390,00	62	8	0,012	0,8	1,2	0,9	9,93	7,45	529,93	397,45	662,41
Інструментал ьний цех	450	0,8	0,70	0,75	360	270,00	998	2	0,015	0,95	1,2	0,9	51,27	38,45	411,27	308,45	514,08
Гальванічна дільниця	60	0,6	0,55	1,02	36	36,72	666	2	0,013	0,95	1,2	0,9	39,51	40,30	75,51	77,02	107,86
Експери- ментальний цех	120	0,41	0,80	1,52	49,2	74,78	263	2	0,012	0,95	1,2	0,9	30,96	47,06	80,16	121,84	145,84
Котельня	15	0,8	0,70	0,75	12	9,00	50	6	0,013	0,8	1,2	0,9	8,11	6,08	20,11	15,08	25,14
Цех товарів	720	0,4	0,90	1,02	288	293,76		2	0,015	0,95	1,2	0,9	47,40	48,35	335,40	342,11	479,10

народного споживання							772										
Насосна станція	9	0,6	0,76	0,48	5,4	2,59	6	1	0,01	0,8	1,2	0,9	0,15	0,07	5,55	2,67	6,16
Відділ головного механіка	320	0,8	0,90	0,86	256	220,16	077	1	0,014	0,8	1,2	0,9	14,47	12,45	270,47	232,61	356,74
Ливарний цех	906	0,6	0,80	0,48	543,6	260,93	168	3	0,015	0,8	1,2	0,9	45,62	21,90	589,22	282,83	653,58
Нафтова ломушка	3	0,6	0,76	0,75	1,8	1,35	16	1	0,01	0,6	1,2	0,9	0,84	0,63	2,64	1,98	3,29
Транспортна дільниця	13	0,5	0,80	0,86	6,5	5,59	40	5	0,015	0,8	1,2	0,9	7,78	6,69	14,28	12,28	18,83
Компресорна станція	160	0,7	0,90	0,75	112	84,00	35	6	0,012	0,6	1,2	0,9	5,49	4,11	117,49	88,11	146,86
Газорозподільний пункт	24	0,8	1,00	0,48	19,2	9,22	6	9	0,01	0,6	1,2	0,9	0,69	0,33	19,89	9,55	22,06
Всього	14374	0,60			6596,1	5731,44	67345						1108	1011,6	6933,70	6068,77	9214,4

2.5 Вибір потужності цехових трансформаторних підстанцій та їх розташування

Для розробки ефективної схеми електропостачання необхідно обрати оптимальну кількість та потужність трансформаторних підстанцій, а також визначити місце їх розташування на території заводу або в окремих цехах.

Для цього скористаємося даними, що наведені в таблиці 2.4 де було визначено повну сумарну потужність машинобудівного заводу. Це значення складає $S_{\Sigma} = 9214,45 \text{ (кВА)}$.

Знайдемо площу цехів заводу (загальну):

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 26638 + 9964 + 5133 + 6314 + 1437 + 862 + 2998 + 2666 + 2263 + 650 + 2772 + 16 + 1077 + 3168 + 116 + 540 + 635 + 96 = 67345 (\text{м}^2) \quad (2.20)$$

Для визначення потужності трансформаторів скористаємося інформацією, що наведена в [2]. Згідно цього визначимо значення економічного ступеню потужності ТП, що залежить від величини густини питомого навантаження:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{10295,75}{67345} = 0,153 \left(\frac{\kappa BA}{M^2} \right) \quad (2.21)$$

При такому значенні $S_{\text{пит}}$ в [2] рекомендується обирати трансформатори потужністю 630 або 1000 кВА.

Тому розглянемо два варіанти схеми електропостачання в яких живлення споживачів відбувається від трансформаторних підстанцій різної потужності $S_{\text{ном.ТР}} = 630 (\kappa BA)$ та $S_{\text{ном.ТР}} = 1000 (\kappa BA)$:

В першому варіанті використання трансформаторів потужністю 630 кВА.

$$1) \quad S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.ТР}} = 630 (\kappa BA)$$

$$N_{\text{ЕК}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ном.ТР}} \cdot \kappa_z} = \frac{10295,75}{630(0,9 \div 0,95)} = 18,16 \div 17,2 \quad (2.22)$$

$\kappa_z = 0,9 \div 0,95$ - рекомендоване значення коефіцієнту завантаження трансформаторів підстанції.

Розрахунок показує, що в цьому варіанті для живлення споживачів потрібно встановити 18 трансформаторів.

В другому варіанті розглянемо використання трансформаторів потужністю 1000 кВА на підстанції:

$$2) \quad S_{\text{ек}} = S_{\text{ном.ТР}} = 1000 (\kappa BA)$$

$$N_{\text{ЕК}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ном.ТР}} \cdot \kappa_z} = \frac{10295,75}{1000(0,9 \div 0,95)} = 11,44 \div 10,84$$

В цьому випадку також прийнятий рекомендований коефіцієнт завантаження.

Отримане значення говорить про необхідність встановлення 11 трансформаторів.

Виконаємо розподіл трансформаторних підстанцій з отриманими потужностями трансформаторів між цехами заводу та знайдемо їх фактичний коефіцієнт завантаження. Наведемо ці дані в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Інформація про трансформаторні підстанції та їх розподіл

Варіант 1, Стр=630кВА				Варіант 2, Стр=1000кВА			
Цех	Sm, кВА	N	Kз	Цех	Sm, кВА	N	Kз
1,4	3942,79	7	0,895	1,2,4,5	5848,74	8	0,73
2,3,5	3211	6	0,85	3,6	1867,47	3	0,63
6,7,8	1284,36	3	0,7	7,8,9,10,11,12,13	1634,92	2	0,82
9,10,11,12	656,24	2	0,52	14,15,16,17,18	844,63	1	0,85
13,14,15,16,17,18	1201,37	2	0,95				

Отриманні дані свідчать про необхідність впровадження другого варіанту електропостачання, в якому трансформатори мають більший коефіцієнт завантаження і відповідно меншу кількість трансформаторів.

Визначимо місця спорудження цехових трансформаторних підстанцій для умов заводу.

Для цехів 1,2,4,5:

$$X_{III-1} = \frac{\sum_{K=1}^4 P_{MK} \cdot X_K}{\sum_{K=1}^4 P_K} = \frac{3736,06 \cdot 64,5 + 1977,18 \cdot 127,08 + 206,73 \cdot 67,7 +}{3736,06 + 1977,18 + 206,73 +} \\ \frac{+28,77 \cdot 173,32}{+28,77} = 98,01 \quad (2.23)$$

$$Y_{III-1} = \frac{\sum_{K=1}^4 P_{MK} \cdot Y_K}{\sum_{K=1}^4 P_K} = \frac{3736,06 \cdot 49,99 + 1977,18 \cdot 45,21 + 206,73 \cdot 20,97 +}{3736,06 + 1977,18 + 206,73 +} \\ \frac{+28,77 \cdot 19,58}{+28,77} = 45,23 \quad (2.24)$$

Місця встановлення трансформаторних підстанцій співпадають з координатами, що були визначенні, а для складального цеху, який має велику потужність розмістимо їх по його периметру.

Розрахунки для визначення місця розташування підстанцій для всіх інших цехів наведено в таблиці 2.6, в якій вказані координати місця встановлення.

Таблиця 2.6 – Координати місця встановлення ТП

Цех	Розраховані	
	X	Y
1,2,4,5	98,01	45,23
3,6	142,2	36,135
7,8,9,10,11,12,13	208,61	55,945
14,15,16,17,18	16,34	80,463

Виходячи з проведених розрахунків та категорійності підприємства вважаємо доцільним для цехів № 1, 2, 4, 5 використати чотири двотрансформаторні підстанції замість розрахованих шести однострансформаторних. Розмістимо їх у приміщенні цеху №1.

Визначимо втрати потужності в трансформаторах:

$$\Delta P_{ТП} = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \Delta P_K \left(\frac{S_P}{S_{НОМ}} \right)^2 = 8 \cdot 2,1 + \frac{1}{6} \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{5848,74}{1000} \right)^2 = 61,3 \quad (\text{кВт}); \quad (2.25)$$

$$\Delta Q_{ТП} = n \frac{I_{XX\%}}{100} S_{НОМ} + \frac{1}{n} \frac{U_{K\%}}{100} \left(\frac{S_P}{S_{НОМ}} \right)^2 = 8 \cdot \frac{1,4}{100} \cdot 1000 + \frac{6}{8 \cdot 100} \left(\frac{5848,74}{1000} \right)^2 = 112,3 \quad (\text{квар}). \quad (2.26)$$

Розрахунок втрат в трансформаторах інших підстанцій виконаний аналогічно, результати його наведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Інформація про втрати потужності в трансформаторах

ТП №	К-сть ТР	S _{н.тр} , кВА	k _з	ΔP _{ТП} , кВт	ΔQ _{ТП} , кВАр
1-4	8	1000	0,73	61,3	112,3
5-6	3	1000	0,63	8,12	28
7	2	1000	0,82	7,61	28

8	1	1000	0,85	10,57	14
Всього	14			87,6	182,3

Уточнимо потужність машинобудівного заводу з врахуванням втрат в цехових трансформаторних підстанціях.

$$P_M = P_M + \Delta P_{\Sigma} = 6933,7 + 87,6 = 7021,3 \text{ (кВт)}; \quad (2.27)$$

$$Q_M = Q_M + \Delta Q_{\Sigma} = 6068,77 + 182,3 = 6251,8 \text{ (квар)}. \quad (2.28)$$

Зробимо зауваження про зовнішнє джерело живлення заводу, в якості якого в бакалаврські кваліфікаційні роботі обрана підстанція АТ «Вінницяобленерго» 110/35/10 кВ на напрузі 35 кВ, що знаходиться на відстані приблизно два кілометра.

Тому необхідно врахувати та визначити реактивну потужність, яка може бути спожита машинобудівним заводом в години максимальних навантажень:

$$Q_e = a \cdot P_M = 0,25 \cdot 7021,3 = 1754,12 \text{ (квар)}, \quad (2.29)$$

де $a=0,25$ - коефіцієнт визначений для підстанцій 35 кВ з [2];

Необхідна потужність пристроїв компенсації, яку потрібно встановити на заводі визначимо як:

$$Q_{KY} \geq Q_M - Q_e = 6251,8 - 1754,12 = 4497,68 \text{ (квар)} \quad (2.30)$$

З урахуванням компенсації реактивної потужності повна потужність машинобудівного заводу буде:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_e^2} = \sqrt{7021,3^2 + 1754,12^2} = 7243,2 \text{ (кВА)} \quad (2.31)$$

2.6 Визначення потужності і місця розміщення головної понижувальної підстанції

Для живлення споживачів Калинівського машинобудівного заводу необхідно виконати спорудження головної понижувальної підстанції (ГПП), на якій будуть встановленні два трансформатори.

Визначимо потужність трансформаторів ГПП.

$$S_{НОМ} \geq (0.5 \div 0.7) S_M = (0.5 \div 0.7) \cdot 9214,45 = 4607,225 \div 6450,115 (\text{кВА}) \quad (2.32)$$

Це говорить про те, що можна обрати для встановлення трансформатори потужністю 6300 кВА.

Для уточнення потужності трансформаторів скористаємося графіками навантаження (рисунок 2.2) та знайдемо можливу тривалість перевантаження.

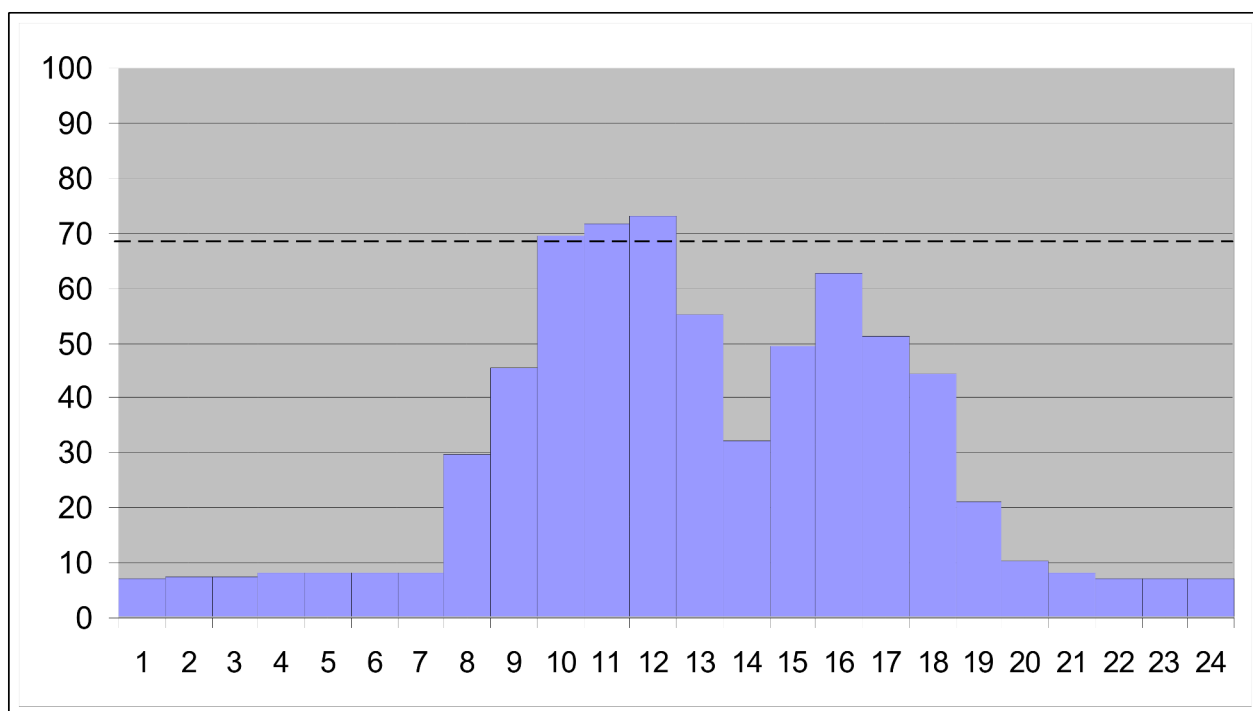


Рисунок 2.2– Характерний добовий графік навантаження заводу

Визначимо номінальне навантаження:

$$S_{НОМ\%} = \frac{S_{НОМ.ТП}}{S_M} 100\% = \frac{6300}{9214,45} \cdot 100\% = 68,37\% \quad (2.33)$$

З добового графіку навантаження заводу впливає, що тривалість годин перевантаження складає $h'=3\text{год}$.

Знайдемо значення коефіцієнту початкового навантаження:

$$K_1 = \frac{1}{S_{\text{НОМ.Т}}} \sqrt{\frac{\sum S_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum \Delta t_i}} = \frac{1}{68,37} \sqrt{\frac{62357,52}{21}} = 0,76. \quad (2.34)$$

та коефіцієнту перевантаження:

$$K_2' = \frac{1}{S_{\text{НОМ.Т}}} \sqrt{\frac{\sum S_j^2 \cdot \Delta h_j}{\sum \Delta h_j}} = \frac{1}{68,37} \sqrt{\frac{15485,3}{3}} = 1,02. \quad (2.35)$$

Максимальне навантаження згідно з результатами розрахунків визначиться як:

$$K_{\text{MAX}} = \frac{S_{\text{М}}}{S_{\text{НОМ.Т}}} = \frac{9214,45}{6300} = 1,36. \quad (2.36)$$

Отримане значення коефіцієнту перевантаження згідно [2] допустиме. Тобто:
 $K_2 < 0,9$ $K_{\text{MAX}} = 0,9 \cdot 1,36 = 1,224$ приймаємо $K_2 = 1,02$

2.7 Побудова картограми електричних навантажень та визначення місця встановлення ГПП.

В процесі проектування системи електропостачання не останню роль відіграє питання знаходження оптимального місця встановлення головної понижувальної підстанції. Це питання вирішується за рахунок побудови картограми електричних навантажень. Картограма електричних навантажень будується на генеральному плані підприємства у вигляді кола, що відображає значення активної, реактивної

або повної потужності певної виробничої ділянки (цеху). Все це будується у визначеному масштабі. Окрім того при побудові картограми враховується навантаження освітлювальних установок, які є або передбачається встановити у відповідному цеху. Освітлювальне навантаження на картограмі зображається сектору, що знаходиться в колі навантаження цеху.

Ще раз підкреслимо, що площа кола, яка характеризує потужність певного цеху, еквівалентна їй.

Продемонструємо на прикладі, як відбуваються розрахунки. Для початку потрібно визначити масштаб побудови картограми, що передбачає на першому етапі прийняти радіус кола навантаження довільного цеху. Наприклад, для цеху №1 приймемо радіус кола $r_1=10$ м. Тоді масштаб складе:

$$m_p = \frac{P_{M2}}{\pi \cdot r_2^2} = \frac{2615,51}{3,14 \cdot 250^2} = 0,013 \quad (\text{кВт/м}^2) \quad (2.37)$$

По отриманому значенню приймемо масштаб картограми $m_p = 0,0012$ кВт/м² та знайдемо радіус кола при цьому значенні:

$$r_2 = \sqrt{\frac{P_{M2}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{2615,51}{3,14 \cdot 0,0012}} = 263,5 \quad (\text{м}). \quad (2.38)$$

Для визначення сектору, що еквівалентний освітлювальному навантаженню, скористаємося виразом:

$$\alpha_1 = \frac{360 P_{MO}}{P_M} = \frac{360 \cdot 455,51}{2615,51} = 62,7^\circ. \quad (2.39)$$

Виконуючи подібні розрахунки отримаємо значення складових картограми навантажень, результати наведені в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Відомості для створення картограми навантажень

	Споживачі	х	у	Р _{мо} , кВт	Р _м , кВт	r _к , м	α _і , °
--	-----------	---	---	--------------------------	-------------------------	--------------------	--------------------

1	Складальний цех	64,50	49,99	455,51	2615,51	263,5	62,7
2	Механічний цех	127,08	45,21	181,74	1581,74	240,6	29,99
3	Заготівельний цех	127,08	34,71	93,63	843,63	129,7	53,2
4	Адміністративно-побутовий корпус	67,70	20,97	96,98	165,38	62,03	240,8
5	Будівля ЦТНС	173,32	19,58	17,93	25,93	31,05	177,7
6	Ковальсько-пресова дільниця	176,20	39,34	9,93	529,93	92,43	11,11
7	Інструментальний цех	192,24	40,63	51,27	411,27	118,7	34,74
8	Гальванічна дільниця	196,24	24,75	39,51	75,51	70,92	75,06
9	Експериментальний цех	229,04	40,72	30,96	80,16	50,62	115,4
10	Котельня	204,36	69,86	8,11	20,11	32,63	72,8
11	Цех товарів народного споживання	267,82	86,34	47,40	335,40	66,65	102
12	Насосна станція	222,65	105,39	0,15	5,55	13,97	7,52
13	Відділ головного механіка	197,38	96,06	14,47	270,47	70,19	20
14	Ливарний цех	167,66	79,91	45,62	589,22	141,9	21,62
15	Нафтова ловушка	152,35	100,92	0,84	2,64	2,46	132,2
16	Транспортна дільниця	154,71	82,28	7,78	14,28	21,1	166,9
17	Компресорна станція	136,94	92,38	5,49	117,49	25,8	78,7
18	Газорозподільний пункт	127,64	77,67	0,69	19,89	7,1	12,5

З таблиці 2.8 знайдемо координати центру електричних навантажень заводу в яких можливо розмістити майбутню ГПП.

$$X = \frac{\sum_{K=1}^{18} P_{MK} \cdot X_K}{\sum_{K=1}^{18} P_K} = \frac{2615,51 \cdot 64,5 + 1581,74 \cdot 127,08 + \dots + 19,89 \cdot 127,64}{2615,51 + 1581,74 + \dots + 19,89} = 123,27, \quad (2.40)$$

$$Y = \frac{\sum_{K=1}^{18} P_{MK} \cdot Y_K}{\sum_{K=1}^{18} P_K} = \frac{2615,51 \cdot 49,99 + 1581,74 \cdot 45,21 + \dots + 19,89 \cdot 77,67}{2615,51 + 1581,74 + \dots + 19,89} = 51,2 \quad (2.41)$$

Покажемо результати розрахунків на генеральному плані Калинівського машинобудівного заводу, де зображено розміщення ГПП та підстанцій.

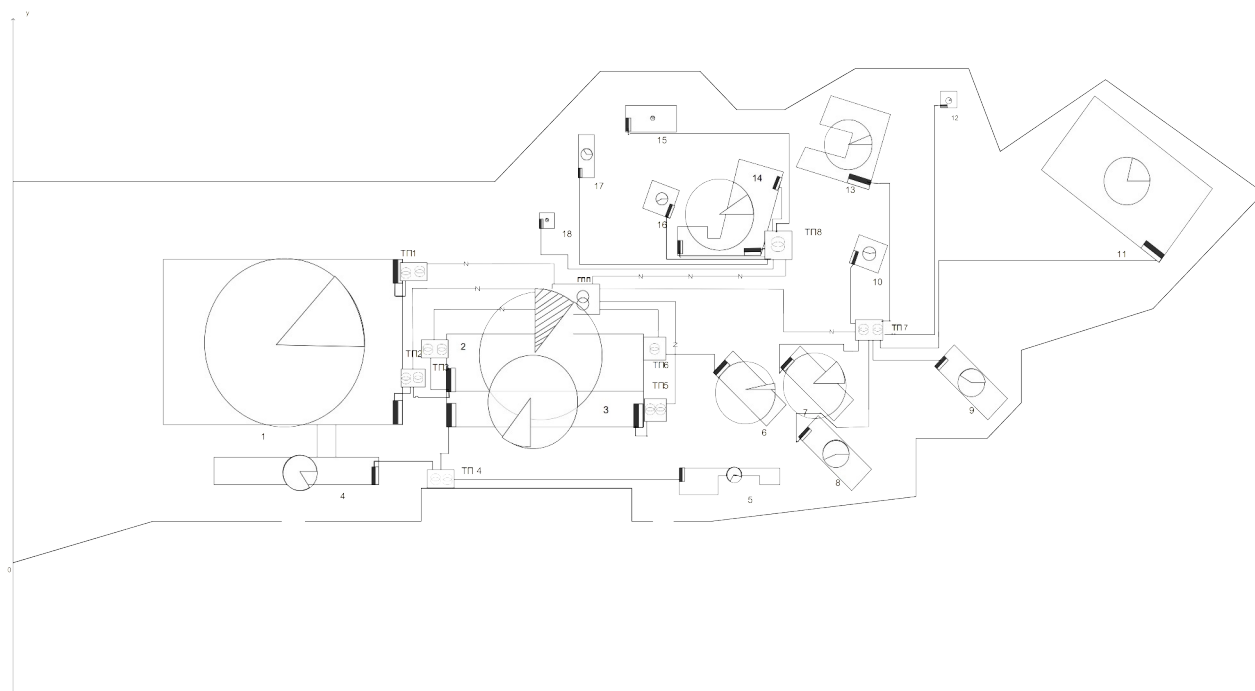


Рисунок 2.3 – Генплан з картограмою електричних навантажень

2.8 Розробка схеми електропостачання заводу та вибір її основних елементів.

Схема електропостачання заводу на напрузі 10 кВ виконується радіальним способом, що передбачає живлення підстанцій заводу окремими живлячими лініями.

Найбільш доцільним способом, що враховує місце розташування заводу та зовнішнього джерела живлення буде виконання всієї системи електропостачання на 10 кВ кабельними лініями, прокладеними в траншеях. Однолінійна схема електропостачання буде мати наступний вигляд (рисунок 2.4).

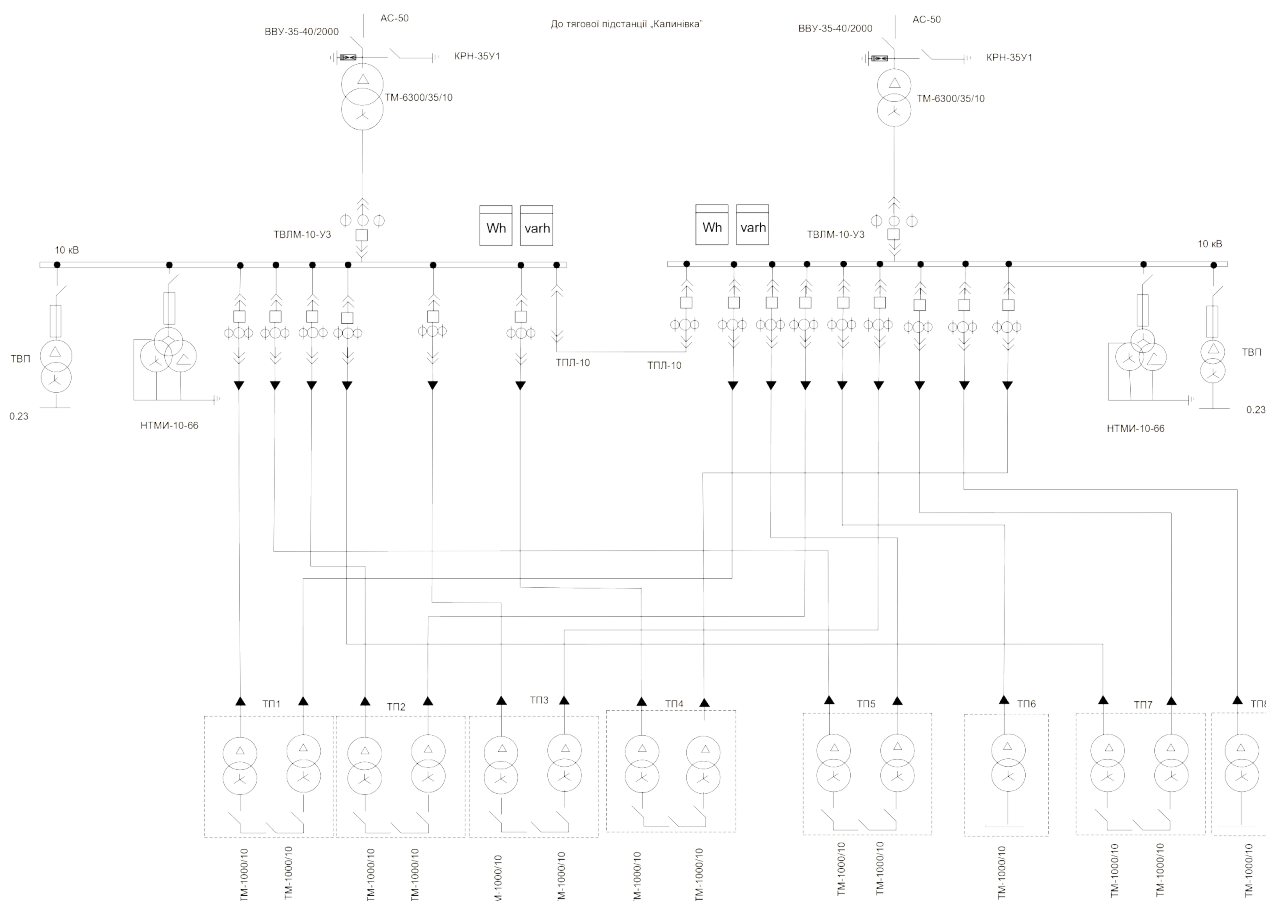


Рисунок 2.4 – Однолінійна схема електропостачання заводу напругою 10кВ.

Виберемо високовольтні вимикачі для системи електропостачання 10 кВ. Вони вибираються за значеннями номінальної напруги та розрахунковим струмом з перевіркою роботи здатності в післяаварійному режимі:

$$U_{ном.в} \geq U_{ном. мережі}, \quad (2.42)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{м.ав}, \quad (2.43)$$

де $I_{м.ав}$ - величина максимального струму в післяаварійному режимі.

Визначимо значення розрахункових струмів, що протікають в нормальному режимі для окремих підстанцій.

ТП 1-ТП 4:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{5948,74}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 8} = 42,9 \quad (\text{А}), \quad (2.44)$$

ТП – 5, ТП – 7:

$$I_{M5} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{1245}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 35,94 \quad (\text{А});$$

$$I_{M7} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{1634,92}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 2} = 47,2 \quad (\text{А}),$$

Визначимо значення струмів у післяаварійному режимі. Для підстанцій 1 – 5 та 7 вони однакові, а тому:

$$I_{Ма6} = \frac{1,2 \cdot S_{П.ТР}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{1,2 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 69,28 \quad (\text{А}). \quad (2.45)$$

ТП – 6, ТП – 8:

$$I_{МТП6} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{622,5}{\sqrt{3} \cdot 10} = 35,94 \quad (\text{А});$$

$$I_{МТП8} = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{844,63}{\sqrt{3} \cdot 10} = 48,77 \quad (\text{А});$$

$$I_{Ма6} = \frac{S_{ТР}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 57,73 \quad (\text{А}).$$

Орієнтуючись на отриманні значення вибираємо для встановлення на напрузі 10 кВ наступний тип вимикача:

ВРС-10-320-10ТЗ, з номінальним струмом $I_{НОМ,Б} = 320 \text{ А} > I_{М.Ма6}$, час відключення - 0,105 с.

Такий же тип вимикача приймаємо для всіх приєднань.

Для живлення споживачів внутрішньозаводської високовольтної мережі приймаємо для встановлення броньовані кабелі марки ААБ, які будуть прокладені в траншеї.

Переріз кабелів обирається за значеннями розрахункового максимального струму.

Характеристики обраних вимикачів та живлячих кабельних ліній надані в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Інформація про типи високовольтних вимикачів та кабельних ліній

Лінія	I_M , А	$I_{M.ав}$, А	Вимикач	$I_{ном.в}$, А	s , мм ² розрах. знач.	Провідник	$I_{доп}$, А
ГПП-ТП-1	42,9	69,28	ВРС-10-320-10ТЗ	320	26,8	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-2	42,9	69,28	ВРС-10-320-10ТЗ	320	26,8	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-3	42,9	69,28	ВРС-10-320-10ТЗ	320	26,8	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-4	42,9	69,28	ВРС-10-320-10ТЗ	320	26,8	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-5	35,94	69,28	ВРС-10-320-10ТЗ	320	22,46	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-6	35,94	57,73	ВРС-10-320-10ТЗ	320	22,46	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-7	47,2	69,28	ВРС-10-320-10ТЗ	320	29,5	ААБ-3х25	90
ГПП-ТП-8	48,77	57,73	ВРС-10-320-10ТЗ	320	30,48	ААБ-3х25	90

2.9 Визначення струмів короткого замикання в мережах 10 кВ.

В попередньому підрозділі були обрані високовольтні вимикачі та лінії живлення на напругу 10 кВ. Важливим моментом проектування надійної системи електропостачання є розрахунок струмів короткого замикання в цій мережі, що дасть можливість виконати перевірку обраного обладнання на різного роду «нестандартних» режимів роботи високовольтного обладнання. Ця перевірка базується на визначенні складових струмів, що можуть виникати при коротких замиканнях. До них відносяться струми початкових складових при трифазному к.з., періодичні та аперіодичні складові струмів в початковий момент часу виникнення аварійних режимів, струми в момент розмикання контактів вимикачів $I_{пт}$ та $i_{ат}$, ударний струм короткого замикання $i_{уд}$, тепловий імпульс W_k .

Виконаємо розрахунок струмів трифазного короткого замикання для нашого заводу. Розрахунок проведемо у відносних одиницях.

В якості базисної потужності приймемо значення 1000 МВ·А. базисною напругою буде середнє значення напруги $U_{\text{сер}}$ ступені системи електропостачання на якій виникає коротке замикання. При цих умовах визначимо значення базисного струму на різних ступенях системи електропостачання. Скористаємося для цього виразом:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{б}}} . \quad (2.46)$$

Для умов машинобудівного заводу середнє значення напруги ступені на якій виникає коротке замикання -

$$U_{\text{сер}} = 10,5 \text{ кВ}$$

Приймемо величину потужності короткого замикання на шинах ГПП -

$$S_K = 200 \text{ МВА}$$

Тому базисний струм буде:

$$I_{\text{б}} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3}U_{\text{б}}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 55 (\text{кА})$$

Представимо спрощено схему електропостачання заводу (рисунок 2.5), яка використовується для визначення струмів трифазного короткого замикання (на схемі позначенні літерою К точки короткого замикання).

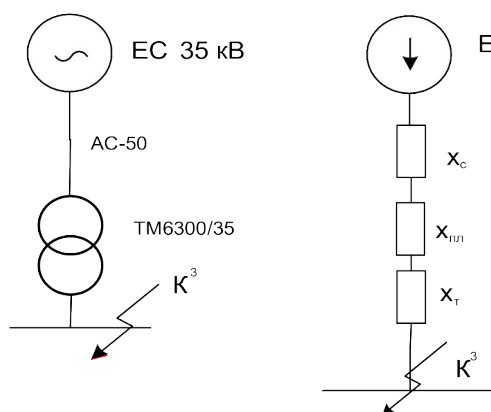


Рисунок 2.5 – Спрощена схема електропостачання та її схема заміщення.

Для схеми (рисунок 2.5) визначимо значення опорів схеми заміщення мережі заводу.

Величина опору системи визначається як:

$$X_C = \frac{S_{\delta}}{S_K} = \frac{1000}{200} = 5 \quad (2.47)$$

$$X_{nl} = X_{nm} I \frac{S_{\delta}}{U_{\text{ср}}^2} = 0,716 \cdot 2 \cdot \frac{1000}{35^2} = 1,17 \quad (2.48)$$

Значення опору трансформатора:

$$X_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{8}{100} \cdot \frac{1000}{6,3} = 12,7 \quad (2.49)$$

Сумарний опір мережі:

$$X_{\Sigma C} = X_C + X_{nl} + X_T = 5 + 1,17 + 12,7 = 18,87 \quad (2.50)$$

Визначимо на основі отриманих опорів діючу величину струму трифазного К.З.:

$$I_{\text{н.о.с}} = \frac{E_C''}{X_{\Sigma}} I_6 = \frac{1}{18,87} 55 = 2,9 \quad (\text{кА}), \quad (2.51)$$

Його періодична складова складе:

$$I_{\text{н.т.с}} = I_{\text{н.о.с}} = 2,9 \quad (\text{кА}). \quad (2.52)$$

Розрахунковий час короткого замикання:

$$\tau = t_{pz.min} + t_{B.B} = 0,01 + 0,08 = 0,09 (c). \quad (2.53)$$

Величина аперіодичної складової струму к.з. в початковий час його виникнення $t = \tau = 0,09c$ буде:

$$i_{a\tau.C} = \sqrt{2} I_{noC} e^{-\frac{t}{T_{aC}}} = \sqrt{2} \cdot 2,9 \cdot e^{-\frac{0,09}{0,03}} = 0,205 (KA), \quad (2.54)$$

де T_{aC} - величина постійного часу.

Знайдемо величину ударного струму трифазного к.з.

$$i_{y\partial.C} = \sqrt{2} I_{noC} \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_{aC}}} \right) = \sqrt{2} \cdot 2,9 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 7,04 (KA), \quad (2.55)$$

$$t_{vid} = t_{pz} + t_{ng} = 0,5 + 0,1 = 0,6 (c). \quad (2.56)$$

При цих умовах тепловий імпульс буде:

$$B_K = I_{no.C}^2 \cdot (t_{vid} + T_{асх}) = 2,9^2 (0,6 + 0,03) = 5,29, \quad (2.57)$$

Тепер виконаємо перевірку обраних марок кабелів, що живлять трансформаторні підстанції на термічну дію струмів короткого замикання. Скористаємося для цього наступною умовою:

$$S \geq S_{min} = \frac{\sqrt{B_K}}{C_T} = \frac{\sqrt{5,29 \cdot 10^3}}{90} = 24,57 (mm^2). \quad (2.58)$$

З (2.58) випливає, що обраний кабель задовольняє умові термічної стійкості.

Виконаємо перевірку високовольтних вимикачів ВРС-10-320-10ТЗ, що будуть встановлені на ГПП, на комутаційну здатність та стійкість до дії струмів к.з. Характеристики вимикачів наведені в [2].

Умови комутаційної здатності будуть:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{н\tau}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} \left(1 + \frac{\beta_{н}}{100}\right) \geq \sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau}, \end{cases} \quad (2.59)$$

Так як $\tau = 0,09 \text{ с}$ можна прийняти $\beta_{н} = 0$ тоді перевірку високовольтного вимикача можна зробити за спрощеними умовами:

$$\begin{cases} I_{н.відкл} \geq I_{н\tau}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} \geq \sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau}, \end{cases} \quad (2.60)$$

$$\begin{cases} I_{н.відкл} = 10 \text{ кА} \geq I_{н\tau} = 2,29 \text{ кА}, \\ \sqrt{2}I_{н.відкл} = \sqrt{2} \cdot 10 = 14,1 \text{ кА} \geq \sqrt{2}I_{н\tau} + i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 2,29 + 0,205 = 3,41 (\text{кА}). \end{cases}$$

Звідси можна зробити висновок, що обраний вимикач задовольняє комутаційній здатності.

Виконаємо перевірку високовольтного вимикача на динамічну стійкість:

$$\begin{cases} i_{дин} \geq i_{y\partial}, \\ I_{дин} \geq I_{но}, \end{cases} \quad (2.61)$$

$$\begin{cases} i_{дин} = 26 \text{ кА} \geq i_{y\partial} = 7,04 (\text{кА}), \\ I_{дин} = 10 \text{ кА} \geq I_{но} = 2,29 (\text{кА}). \end{cases}$$

Ці умови також виконуються.

Перевірка вимикача ВРС-10-320-10ТЗ на термічну стійкість виконується за наступною умовою:

$$I_T^2 t_T \geq B_K, \quad (2.62)$$

$$I_T^2 t_T = 10^2 \cdot 3 = 300 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \geq B_K = 5,29 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Термічна стійкість вимикача на дію струмів короткого замикання також виконується, це дозволяє зробити висновок про те, що обраний високовольтний вимикач може бути прийнятий до встановлення.

2.10 Визначення струмів коротких замикань в низьковольтних мережах.

Цей розрахунок також необхідний для виконання, так як дає можливість перевірити електричні апарати, що встановлені в цих мережах, на комутаційну здатність.

Перевірка виконується за умовою:

$$I_{н.відкл} \geq I_{к.сер}^{(3)} = \frac{I_{к.мах}^{(3)} + I_{к.Р}^{(3)}}{2}, \quad (2.63)$$

де $I_{к.мах}^{(3)}$ - величина струму короткого замикання, що відповідає максимальному режиму навантаження.

$I_{к.Р}^{(3)}$ - струм короткого замикання, що враховує струмообмежувальну дію дуги.

Умовна схема електропостачання низьковольтних споживачів показана на рисунку 2.6.

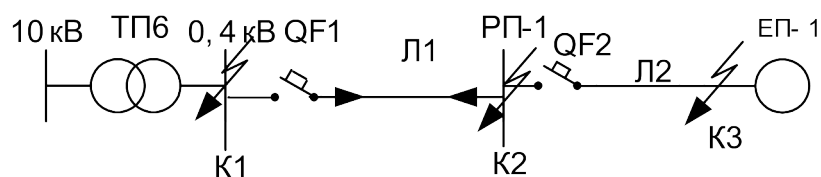


Рисунок 2.6 – Спрощена схема електропостачання

Її схема заміщення представлена на рисунку 2.7

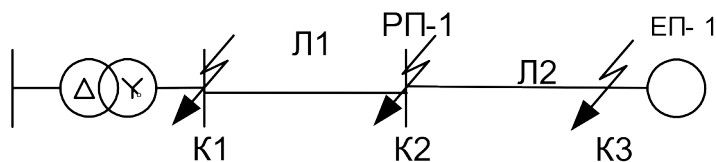


Рисунок 2.7 – Схема заміщення

Визначимо величини опорів складових схеми по рисунку 2.7.

Трансформатор:

$$z_T = \frac{U_{k\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{ном.т}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{380^2}{1000 \cdot 10^3} = 7,94 \text{ (мОм)}. \quad (2.64)$$

Опори ліній Л1, Л2:

$$z_{л1} = \sqrt{R_{ном}^2 + X_{ном}^2} \cdot l = \sqrt{1,54^2 + 0,072^2} \cdot 3 = 4,6 \text{ (мОм)}, \quad (2.65)$$

$$z_{л2} = \sqrt{2,4^2 + 0,078^2} \cdot 7 = 16,8 \text{ (мОм)},$$

Знайдемо величину струму трифазного металевого короткого замикання:

$$I_{к.мах}^{(3)} = \frac{1,05U_{ном}}{\sqrt{3}Z_{\Sigma}}, \quad (2.66)$$

де Z_{Σ} - сумарний опір елементів цехової мережі до точки короткого замикання.

Для К1:

$$I_{кмах}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 7,94} = 29,2 \text{ (кА)},$$

Для К2:

$$I_{кмах}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (7,94 + 4,6)} = 18,37 \text{ (кА)},$$

Для К3:

$$I_{кмах}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (7,94 + 4,6 + 16,8)} = 7,85 \text{ (кА)},$$

Враховуючи струмообмежувальну дію дуги знайдемо струм трифазного к.з.:

$$I_{\kappa.R}^{(3)} = \frac{1,05U_{ном}}{\sqrt{3}\sqrt{(R_{\Sigma} + R_{пер})^2 + X_{\Sigma}^2}}, \quad (2.67)$$

Для К1:

$$I_{\kappa R}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,9 + 15)^2 + 8,6^2}} = 12,15 \quad (\text{кА}),$$

Для К2:

$$I_{\kappa R}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(1,9 + 1,54 \cdot 3 + 20)^2 + (8,6 + 0,072 \cdot 3)^2}} = 8,24 \quad (\text{кА}),$$

Зробимо перевірку автоматичних вимикачів на комутаційну спроможність:

Для К1:

$$I_{н.відкл} = 60 \geq I_{сер}^{(3)} = \frac{29,2 + 12,15}{2} = 20,68 \quad (\text{кА}),$$

Для К2:

$$I_{н.відкл} = 32,5 \geq I_{сер}^{(3)} = \frac{18,37 + 8,24}{2} = 13,3 \quad (\text{кА}),$$

Обрані автоматичні вимикачі задовольняють вимогам комутаційної спроможності.

Наступною перевіркою роботоспроможності вимикачів є і їх перевірка на чутливість до струмів однофазного короткого замикання.

Визначимо струми однофазних к.з. за формулою:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_m^{(1)}}{3} + Z_{\phi-n} \cdot l}, \quad (2.68)$$

Для К2:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{220}{7,94 + 3,7 \cdot 3} = 11,55 \text{ (кА)},$$

Для КЗ:

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{220}{7,94 + 3,7 \cdot 3 + 5,92 \cdot 7} = 3,64 \text{ (кА)}.$$

Врахування перехідного опору дає можливість визначити більш точніше струм однофазного короткого замикання:

$$I_{KR2}^{(1)} = \frac{U_{\phi,ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-n1} \cdot l_1} = \frac{220}{\frac{56,89}{3} + 3,7 \cdot 3} = 7,32 \text{ (кА)},$$

(2.69)

$$I_{KR3}^{(1)} = \frac{220}{\frac{70,58}{3} + 3,7 \cdot 3 + 5,92 \cdot 7} = 2,89 \text{ (кА)},$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)}$ – величина опору трансформатора до струмів однофазного к.з. з урахуванням перехідного опору.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{\left(2 \cdot R_m + R_{om} + 3 \cdot R_{nep}\right)^2 + \left(2 \cdot X_m + X_{om}\right)^2}$$

(2.70)

де R_{om}, X_{om} – величини (активна та реактивна) опору нульової послідовності;
 R_{nep} – значення перехідного опору.

Зробимо перевірку автоматичних вимикачів на чутливість до однофазного струму короткого замикання.

Перевірка виконується за умовою:

$$I_{н.розч.} \leq I_{K.min}^{(1)} / k_{ч}, \quad (2.71)$$

де $k_{ч}$ – значення коефіцієнту чутливості;

$I_{K.min}^{(1)}$ - величина струму однофазного короткого замикання від якого відстроюється захист в кінці лінії.

Величина $k_{ч}$ обирається в залежності від характеру приміщення [2]. Для нашого приміщення він складає $k_{ч}=3$.

Визначимо струму розчеплювачів у різних точках короткого замикання.

- для К2:

$$I_{н.розч.} = 100,8 A \leq \frac{7320}{3} = 2440 \text{ (A)}.$$

- для К3:

$$I_{н.розч.} = 63 A \leq \frac{2890}{3} = 963,3 \text{ (A)}.$$

Отримані результати свідчать про дотримання умов чутливості.

Наступним етапом є перевірка селективності автоматичних вимикачів. Вона виконується за умовами:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5) I_{c.B2}, \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.71)$$

Підставляючи числові значення отримаємо:

$$I_{c.B1} = 504 A > 1,5 \cdot I_{c.B2} = 1,5 \cdot 630 = 945 \text{ (A)}.$$

Отримане значення свідчить про те, що умова перевірки не виконується, тобто слід обрати кратність спрацювання відсічки вимикача №1 рівною 10.

У зв'язку з тим, що зроблене зауваження свідчить про необхідність обрати селективний вимикач вищого ступення, який забезпечить $t_{c.B1} > t_{c.B2}$, можна стверджувати, що такий автоматичний вимикач задовольнить умові селективності.

Для наочності дотримання умов селективності автоматичних вимикачів побудуємо карту, яка свідчить про селективність дії захисту від струмів к.з. (рисунок 2.8).

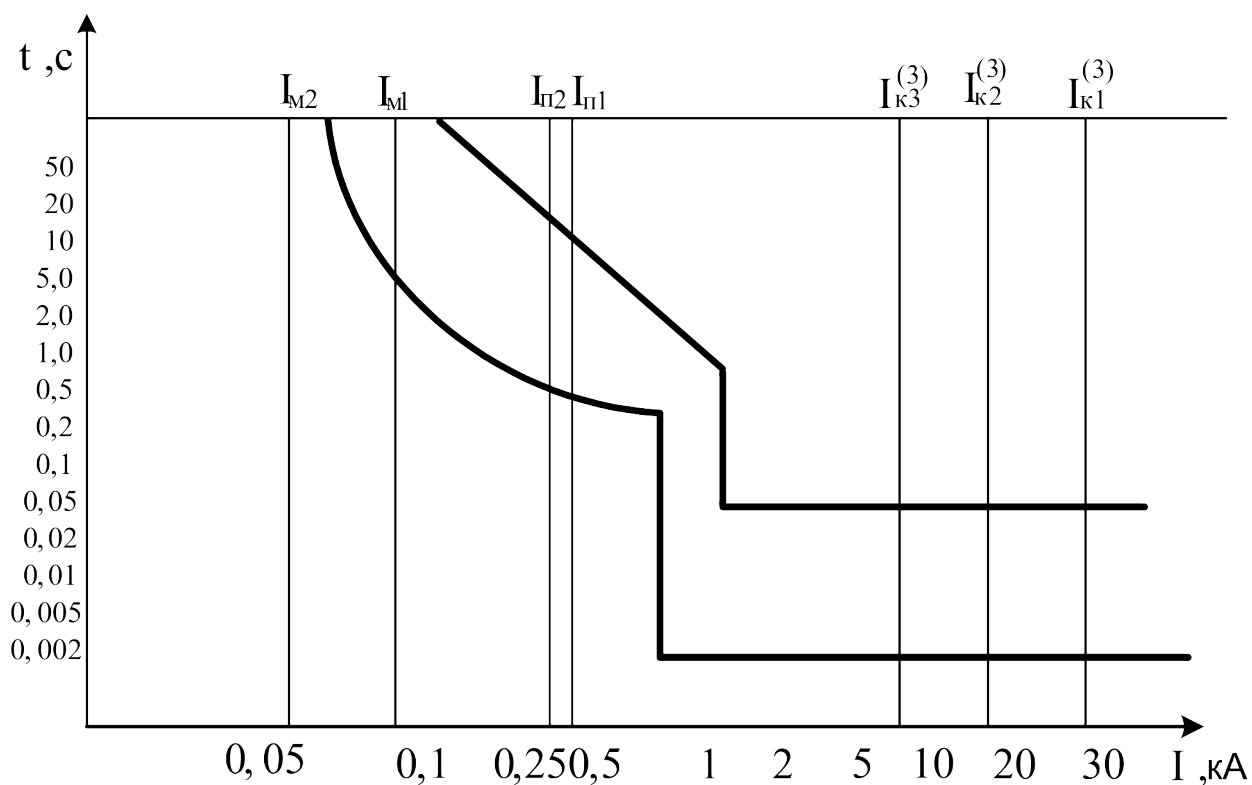


Рис. 2.8 - Карта селективності захисту

Питання, які були розроблені в даному розділі є основними, що допомагають створити оптимальну та якісну систему електропостачання Калинівського машинобудівного заводу.

3 АНАЛІЗ ТА РОЗРАХУНОК ЗАЗЕМЛЯЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК

3.1 Загальні положення

Під заземленням розуміється навмисне електричне з'єднання металевих нестумопровідних частин різних електроустановок, які можуть потрапити під напругу при з'єднанні останніх із землею. Зробимо зауваження, що струмопровідні частини електрообладнання мають бути недоступними для випадкового дотику до них. Частини електрообладнання, які знаходяться відкрито та інші його провідні частини не повинні перебувати під напругою. Останнє становить значну небезпеку ураження струмом не залежно від режиму роботи електроустановки. Для запобігання цьому в електроустановках застосовують деякі заходи, що мають захистити прямий дотик до них. В якості захисту можуть використовуватися огорожі, бар'єри, ізоляція струмопровідних частин, розміщення поза зонною можливого дотику.

Заземлюючий пристрій це сукупність заземлювача та заземлюючих провідників. Заземлювач – металевий провідник або група провідників, які знаходяться в безпосередньому контакті з землею та мають призначення створювати електричне з'єднання з землею. В якості заземлювача може бути використаний звичайний металевий стрижень або іншого профілю метал. Заземлюючий провідник призначений для з'єднання заземленої частини електроустановки з землею. В якості його також використовуються металеві провідники. Якість заземлення контролюється опором пристрою заземлення, коригування якого може відбуватися за рахунок зниження його величини із збільшенням площі самого заземлювача або змінюючи провідність середовища. Провідність середовища залежить від вмісту солей в землі і тд.

Дія заземлення базується на наступних принципах. В першу чергу це зменшення до безпечного значення різниці потенціалів між заземлюючим обладнанням та іншими предметами, що можуть проводити струм або мають природне заземлення. Інше призначення базується на відведенні струму при безпесердньому контакті предмету, що проводить струм з фазним проводом. Такий виток струму повинен

приводити до негайного спрацювання пристроїв захисту, що повинно бути передбачено на стадії проектування системи електропостачання.

3.2 Загальні вимоги та особливості монтажу контурів заземлення

При проектуванні контурів заземлення важливе значення має величина розрахункового струму замикання на землю, що має бути визначений для електричної мережі в якій цей струм може мати найбільше значення. Коли мова йде про трансформаторні підстанції 6 - 10/0,4 кВ, як правило використовують один окремий заземлюючий пристрій до якого обов'язково потрібно приєднувати корпуси та нейтралі силових трансформаторів, броню та металеві оболонки кабелів живлення, що мають напругу більше 1 кВ. Для кабелів до 1 кВ заземлювати нейтральний провідник не потрібно у зв'язку з тим, що він заземлений на незалежний заземлювач. До контуру підстанції також необхідно приєднувати відкриті провідні частини електроустаткування не залежно від наружи живлення, а також сторонні провідні частини любого обладнання. Ця сукупність електричного об'єднаних заземлювачів та провідників заземлення разом із елементами їх з'єднання утворюють заземлювальний пристрій.

У випадку, коли заземлювальний пристрій створюється з врахуванням напруги дотику, вона повинна бути забезпечена в любую пору року. Тривалість допустимої напруги дотику приймається у вигляді сумарного часу дії захисту та часу повного вимикання вимикача. Коли мова йде про робочі місця оперативного обслуговування електроустановок, якщо наявна можливість короткого замикання у разі виконання оперативних перемикачів, що знаходиться в межах дотику персоналу, потрібно використовувати мінімальний час спрацювання резервного захисту від цього виду пошкодження.

Заземлювачі можуть бути повздовжні та поперечні горизонтального прокладання. Вони використовуються для вирівнювання потенціалів та розміщуються з урахуванням вимог, щодо напруги дотику, зручності приєднання заземлювального обладнання. Глибина закладання в землі таких штучних заземлювачів повинна бу-

ти не менше 0,3 метра. Для зменшення напруги дотику у місцях оперативного обслуговування може бути зроблена підсипка шару щебеню товщиною до 0,2 метра.

У випадках, коли відбувається поєднання заземлюючих пристроїв електроустановок, що мають різну напругу в один спільний, напруга дотику повинна визначатися при значенні найбільшого випадку замикання на землю по кожній з електроустановок. При цьому потрібно контролювати значення опору заземлення в любую пору року, його значення не повинно перебільшувати 0,5 Ом (враховується як штучні, так і природні заземлювачі).

Повздовжні заземлювачі рекомендується прокладати зі сторони обслуговування електрообладнання вздовж його вісі на глибині 0,5 – 0,7 метра при дотриманні відстані до фундаментів електроустаткування 0,8 – 1 метр. Допускається збільшення відстані до 1,5 метра. У разі прокладання повздовжнього заземлювача між двома рядами обладнання (сторони його обслуговування мають бути повернуті одна до одної) відстань між ними не повинна бути більше 3 метрів.

Особливі умови висуваються до прокладання поперечних заземлювачів. Зазвичай рекомендується прокладати їх між обладнанням у зручних місцях з заглибленням 0,5 – 0,7 метра у землю. Відстань між такими заземлювачами від центру заземлювальної сітки рахується від периферії об'єкту і рекомендується приймати від 4 до 20 метрів, в залежності від об'єкту. При спорудженні ланок заземлювальної сітки на підстанціях ця відстань не повинна перевищувати 6 метрів.

Горизонтальні заземлювачі мають бути прокладеними по краю території, що зайнята заземлювальним пристроєм, в такому вигляді щоб утворився замкнутий контур. У випадку знаходження заземлювального пристрою у межі зовнішньої огорожі електроустановки, то біля входів, в'їздів необхідно вирівнювати потенціал шляхом встановлення вертикальних заземлювачів.

3.3 Спорудження контуру заземлення та його розрахунок

Сформулюємо основні принципи розрахунку контурів заземлення підстанції, що рекомендується в проектній практиці. Цей алгоритм базується на наступних діях:

1. Акцентуємо увагу на те, що для мереж напругою 10 кВ використовується ізольований режим роботи трансформатора, а для низьковольтних мереж - глухозаземлена нейтраль.

2. Вертикальні заземлювачі вибираються у вигляді сталевих електродів $\varnothing 12$ мм та довжиною $l_{\text{ел}} = 5$ м (рисунок 3.1).

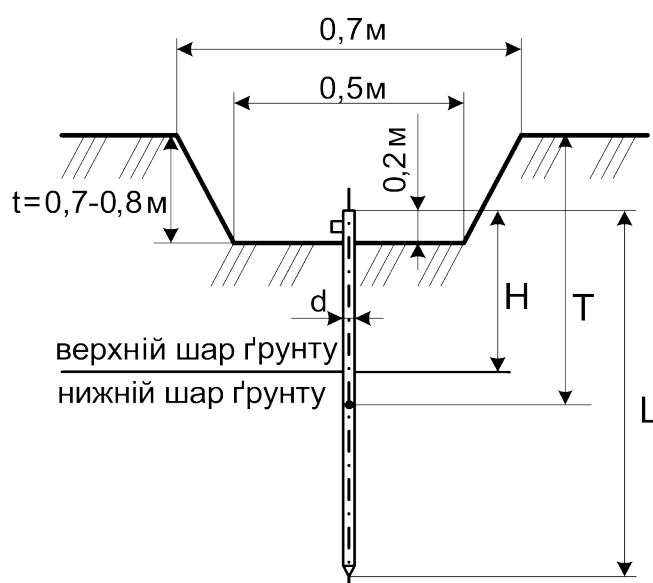


Рисунок 3.1 - Вертикальний заземлювач.

L - довжина заземлювача; d - діаметр заземлювача; H - товщина верхнього шару ґрунту; T - заглиблення заземлювача (відстань від поверхні землі до середини електрода); t - глибина траншеї

3. Горизонтальні заземлювачі виконуються сталевією стрічкою, довжина якої має бути спів розмірна периметру зовнішнього контуру підстанції, а сам контур заземлення має бути розташований від зовнішніх стін ТП на відстані не менше 1,5 метра (рисунок 3.2).

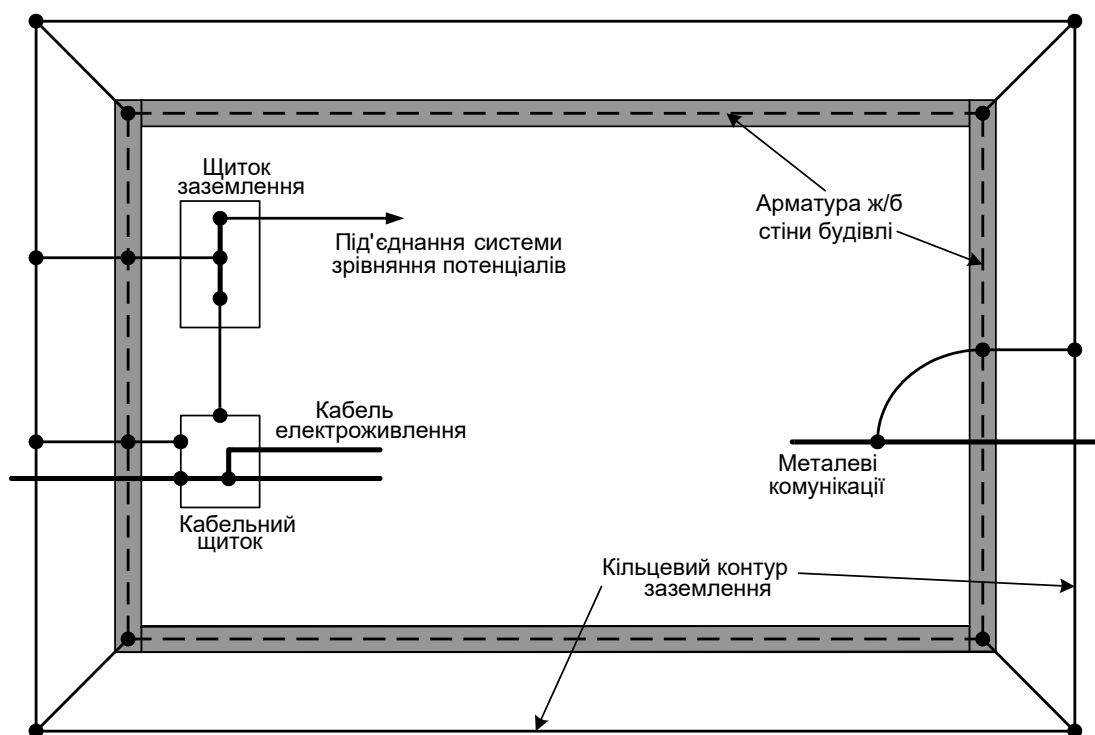


Рисунок 3.2 – Горизонтальний (кільцевий) заземлювач, прокладений навколо фундаменту

4. Для нашого випадку прийемо ширину сталеві стрічки, тобто горизонтального заземлювача $b = 40 \text{ мм} = 0,04 \text{ м}$.

5. заземлюючий пристрій закладається на глибину $t = 0,8 \text{ м}$.

Прийемо, що передбачається загальний заземлюючий пристрій для електроустановок підстанції до та понад 1000В. В такому випадку опір заземлення повинен не перевищувати $R_3 < 4 \text{ Ом}$.

Перераховані умови безпосередньо стосуються нашого об'єкту проектування. У зв'язку з цим продемонструємо роботу представлено стислого алгоритму для розрахунку контуру заземлення.

Зауважимо, що існує спосіб визначення довжини вертикальних заземлювачів за допомогою емпіричного графіку (рисунок 3.3).

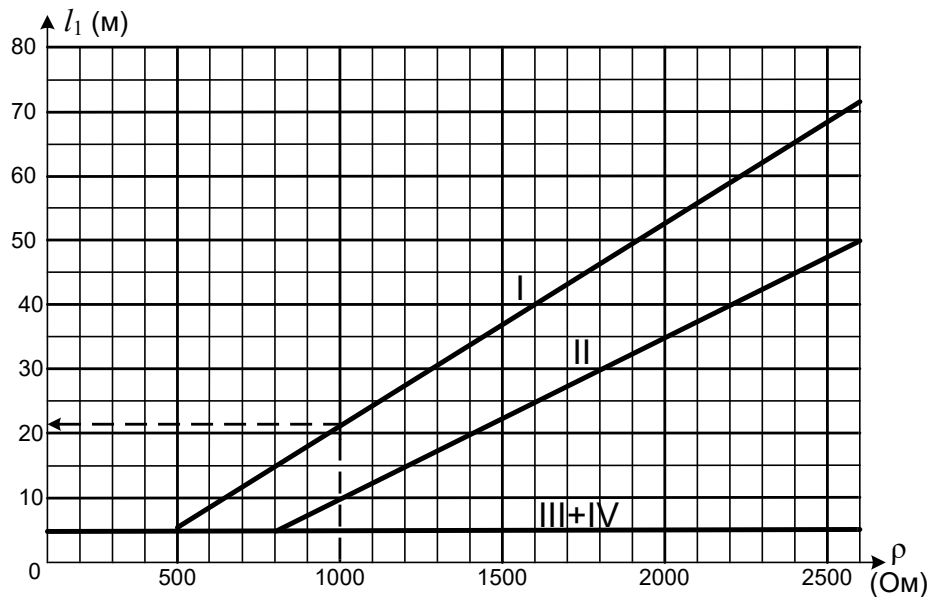


Рисунок 3.3 – Визначення довжин вертикальних заземлювачів для різного класу захисту електроустановок.

Визначимо опір розтікання струму по вертикальних електродах, що виконані зі сталевого прута діаметром 12 мм та довжиною 5 метрів.

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho_{p.\epsilon}}{2 \cdot \pi \cdot l_{\epsilon}} \left(\ln \frac{2 \cdot l_{\epsilon}}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot t + l_{\epsilon}}{4 \cdot t - l_{\epsilon}} \right), \quad (3.1)$$

де $\rho_{розр.в}$ – визначена величина питомого опору ґрунту, якому споруджена підстанція.

$$\rho_{розр.в} = \rho \cdot K_{сез.в} \quad (3.2)$$

$$\rho_{розр.в} = 70 \cdot 1,5 = 105 \text{ (Ом} \cdot \text{м)},$$

де $K_{сез.в}$ – величина коефіцієнту сезонності (для різної пори року) для вертикальних заземлювачів, 1,35 -1,5.

$$R_{\epsilon} = \frac{105}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,012} + \frac{1}{2} \cdot \ln \frac{4 \cdot 3,3 + 5}{4 \cdot 3,3 - 5} \right) = 10,5 \text{ (Ом)},$$

Вертикальні заземлювачі розташовуються по контуру приміщення підстанції. Визначимо довжину (периметр) зовнішнього контуру заземлення:

$$\Pi_3 = 2 \cdot (A+B), \quad (3.3)$$

де А, В – довжина та ширина, відповідно, контуру заземлення, м.

$$\Pi_3 = 2 \cdot (14,8+7,55) = 44,7(\text{м}).$$

Визначимо опір розтікання струму по горизонтальних елементах заземлювачів. Для цього скористаємося виразом:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{p.z}}{2 \cdot \pi \cdot L_z} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{\Gamma}^2}{0,5 \cdot b \cdot t}, \quad (3.4)$$

де $l = 44,6$ м - довжина заземлювача (горизонтального);

$b = 0,04$ м - ширина заземлювача (горизонтального);

$t = 0,8$ м - глибина прокладання;

$K_{\text{сез.г}} = 3,5$ – прийняте значення коефіцієнту сезонності;

$\rho = 70$ Ом·м – величина питомого опору ґрунту, що відповідає місцевості на якій споруджується заземлюючий пристрій.

$$\rho_{\text{розр. г.}} = K_{\text{сез. г.}} \cdot \rho, \quad (3.5)$$

$$\rho_{\text{розр. г.}} = 3,5 \cdot 70 = 245 \text{ (Ом} \cdot \text{м.)},$$

$$R_{\Gamma} = \frac{245}{2 \cdot 3,14 \cdot 44,7} \cdot \lg \frac{2 \cdot 44,7^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,8} = 4,43(\text{Ом}).$$

Визначимо тепер опір розтікання струму для групового заземляючого пристрою, який прийнятий до спорудження та ТП заводу:

$$R = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g \cdot \eta_z + R_z \cdot n \cdot \eta_g}, \quad (3.6)$$

$$R = \frac{10,5 \cdot 4,43}{10,5 \cdot 0,34 + 4,43 \cdot 10 \cdot 0,56} = 1,64, (Ом).$$

Результати проведеного розрахунку показують, що контур заземлення має складатися з 10 вертикальних стержнів довжиною п'ять метрів і діаметром 12 мм та горизонтальної полоси, яка має довжину 44,7 метра та виконана перерізом 4 x 40 мм. Контур прокладений в землі на глибині 0,8 метра.

Спроектований зовнішній контур з'єднаний з внутрішнім у двох точках. Останній виконаний сталевією стрічкою, що прокладена по стінах приміщення підстанції на висоті 0,5 метра від рівня чистої підлоги. До неї приєднанні всі корпуси електрообладнання, яке у нормальному режимі не знаходиться під напругою. План зовнішнього контуру заземлення в **додатку Д**. На плані для наочності деякі розміри відстаней змінені.

Таким чином в бакалаврській кваліфікаційній роботі запроектовано спорудження контуру заземлення підстанції на визначені його параметри та опір розтіканню струму. В сукупності з іншими прийнятими в роботі рішеннями це дозволить покращити та забезпечити надійність електропостачання та захист обслуговуючого персоналу від ураження струмом.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Підприємство “Калинівський машинобудівний завод” займається випуском механічних вузлів та запчастин для комбайнів та машин, виготовленням насосів, та ремонтом сільськогосподарської техніки. У ливарному цеху виливають корпуси насосів.

Згідно ГОСТ 12.0.003-74 на ремонтний та експлуатаційний персонал ливарного цеху впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори у відповідності з прийнятою класифікацією:

Фізичні:

- рухомі машини та механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- недостатня освітленість робочої зони.

Психофізіологічні:

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

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

Живлення системи ливарного цеху здійснюється від промислової мережі напругою 380 В та частотою 50Гц. Безпека виробничого обладнання забезпечується правильним вибором, засобів механізації і автоматизації; застосуванням спеціальних захисних засобів.

Небезпечна зона може бути локалізована навколо і поблизу рухомих елементів обладнання, обладнання, яке обертається або зумовлюється можливістю ураження електричним струмом. Для забезпечення безпеки повинні передбачатися пристрої, які виключають можливість проникнення працюючого в небезпечну зону обладнання, або які послаблюють чи виключають дію фактора. Конструктивні частини обладнання повинні виключати можливість їх випадкового пошкодження, який викликає небезпеку. Конструктивні матеріали не повинні бути шкідливими і небезпечними. Рухомі частини обладнання, які представляють небезпеку для працюючого, повинні огорожуватися або постачатися іншими засобами захисту. Повинен бути передбачений захист від ураження електричним струмом, включаючи помилкові дії персоналу, а також виключення можливості накопичення зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях для цього потрібно використовувати заземлення частин обладнання що може проводити електричний струм.

Органи управління повинні забезпечувати надійність пуску, швидкість зупинки, зручність у використанні. Вони повинні мати зручні для роботи і безпечні форму та розміри, а їх конструкція повинна виключати можливість самовільного включення приводів ливарного цеху. Органи управління повинні мати символічні позначення або відповідні написи. Органи аварійного управління (найчастіше "Стоп") слід фарбувати в червоний колір або позначати відповідними вказівниками і розміщувати на видних легкодоступних місцях. Засоби захисту, які є конструктивними елементами обладнання, повинні постійно виконувати свої захисні функції: спрацьовувати при проникненні людини в небезпечну зону обладнання, при прояві небезпечного або шкідливого фактору.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат приміщення

Під мікрокліматом мається на увазі стан повітряного середовища, яке характеризується температурою, вологістю та швидкістю руху повітря. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь

обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

Роботу в ливарному цеху можна віднести до фізичної роботи середньої тяжкості (категорія ІІа), при якій витрата енергії складає від 150 до 200 кКал/год (172-232 Дж/с). До цієї категорії відносяться роботи, пов'язані з ходьбою, переміщенням мілких (до 1 кг) виробів чи предметів у положенні стоячи чи сидячи і які потребують деякого фізичного напруження. Нормативні параметри мікроклімату наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Нормативні параметри мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	ІІа	17-23	75	<0.3
Теплий	ІІа	23-25	65	0.2-0.4

4.2.2 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення

Природне освітлення виробничих та допоміжних приміщень повинно відповідати вимогам ДБН В.2.5-28-2006.

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків та зняття неточних даних. В якості виробничого освітлення використовується природне, штучне та суміщене. Природне та штучне освітлення нормується згідно пожежної безпеки в залежності від характеру зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення, розряду і підрозряду зорової роботи, фону і контрасту об'єкта з фоном. Для природного освітлення регламентований коефіцієнт природної освітленості; для штучного - найменша освітленість на робочих поверхнях у виробничих приміщеннях. В якості природного освітлення вибрано комбіноване освітлення. Згідно діючим нормам в промислових приміщеннях з постійним перебуванням працівників повинні бути передбачені світлові прорізи в стіні для забезпечення природного освітлення. Характер зорової роботи - середня точність; розряд - IV; підрозряд зорової роботи - б; контраст об'єкта розпі-

знавання - середній; характеристика фону - темний; штучне освітлення, як: загальне 200; бокове значення коефіцієнта природної освітленості, %: природне 1,5, суміщене 0,9.

$e_N = e_n \cdot m_N$, де m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$.

$e_N = 1,5 \cdot 0,9 = 1,4\%$.

Для умов, що розглядаються в бакалаврській роботі (розряд робіт IV, під-розряд робіт б), система освітлення (комбіноване), тип джерела освітлення - лампи люмінесцентні, нормативне значення освітленості складає $E=400$ лк [2,14].

4.2.3 Виробничий шум

Шум погіршує точність виконання робочих операцій, ускладнює прийом та сприйняття інформації, знижує продуктивність праці. Граничні величини шуму на робочих місцях регламентуються ГОСТ 12.1.003-86. В ньому закладено принцип встановлення певних параметрів шуму, виходячи з класифікації приміщень за їх використанням для трудової діяльності різних видів.

Таблиця 4.2 - Допустимі значення рівня звукового тиску

Назва	Рівні звукового тиску, Дб в октавних поло- сах середньо геометричними частотами								
На постійних робочих місцях в ви- робничих приміщеннях і на території підприє-	1,5	3	25	50	00	000	000	000	000
	07	5	7	2	8	5	3	1	9

У відповідності з ГОСТ 12.1.003-83 захист від шуму повинен досягатися розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів колективного захисту за ГОСТ 12.1.029-80 і засобів індивідуального захисту за ГОСТ 12.4.051-78, а також будівельно-акустичними методами. Основними засобами колективного захисту є: пониження шуму в джерелі його виникнення та на шляху його розпо-всюдження.

4.2.4 Виробнича вібрація

Людина починає відчувати вібрацію при коливальній швидкості $1 \times 10^4 \text{ м/с}$, а при швидкості 1 м/с і при визначених частотах ці вібрації викликають страх, біль, гнів. Основними методами колективного вітрозахисту є пониження вібрації дією на джерело збудження, відстройка від режиму резонансу; вібродемпферування; динамічне гасіння коливань і зміна конструктивних параметрів. Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Загальна вібрація	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-
	108	99	93	92	92	92	-	-	-	-

Основним джерелом вібрації є двигуни, редуктори. Для зменшення передачі коливань від джерела збудження об'єкту, який захищається можуть бути використані віброізолятори (пружинні, гумові, комбіновані). Засоби захисту для тіла обслуговуючого персоналу поділяють на нагрудники, пояси, спеціальні костюми.

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують «Пожежна безпека. Загальні вимоги». Типові правила пожежної безпеки для промислових підприємств і інструкції на окремих об'єктах. За вибуховою та пожежною небезпекою ливарний цех, відноситься до категорії Д - негорючі речовини у холодному стані з зонами П-Іа, де є тверді горючі речовини чи матеріали.

Ливарний цех категорії Д розташований у будівлі II ступеня вогнестійкості, яка побудована з бетону та цегли з застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальна межа вогнестійкості - 2 год, поширення вогню по стелях нед-

опустиме. Для внутрішніх несучих стін (перегородок) межа вогнестійкості повинна бути не менше 0,25 години, поширення вогню по них недопустиме. На даному підприємстві використовуються наступні види первинних приладів пожежегасіння:

1) Вогнегасники

Розрахуємо необхідну кількість і тип вогнегасників для ливарного цеху площею 700м².

Одним з головних критеріїв обґрунтованої потрібної кількості вогнегасників є клас потенційно можливої пожежі горючих матеріалів в конкретному приміщенні.

Категорія приміщення цеху – Д. Так як можливе загоряння електродвигунів в станках, то клас пожежі буде Е. По таблицям визначаємо, що для захисту такого приміщення необхідні два вогнегасника типу ВВ-5 або два порошкових вогнегасника типу ВП-5.

2) Протипожежний інвентар: ящики з піском; бочки з водою; покривала із негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняні тканини або волок; пожежні відра; лопати для засипки піску.

3) Пожежні інструменти: ломи, багри, сокири, гаки, пили і т.д.

4) Пожежні щити (стенди) встановлюють на території об'єкта з розрахунку один щит на площу 5000м². Отже, враховуючи те, що загальна площа приміщень Калиновського машзаводу складає 3222,25 м², то достатньо встановити один щит. До комплексу засобів пожежегасіння, які розміщуються на ньому, слід включити: вогнегасники – 3шт., ящик з піском – 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м х 2м – 1шт., гаки – 3шт., лопати – 2 шт., сокири – 2шт.

Ємності для піску що є елементом конструкції пожежного стенду, повинні бути місткістю не менше 0,1м³. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів і повинна розташовуватись поблизу входних дверей.

ВИСНОВКИ

В бакалаврській кваліфікаційній роботі було проведено аналіз та виконано розрахунки з проектування системи електропостачання Калинівського машинобудівного заводу.

Розробка основних розділів бакалаврської роботи базувалася на попередньому аналізі складових системи електропостачання, що відносяться до електричних навантажень, схем живлення споживачів та ін.. Такий підхід дозволив приймати зважені рішення по проектуванню сучасної системи електропостачання заводу.

В результаті проектних робіт обрано схему живлення споживачів, що передбачає спорудження головної понижувальної підстанції ГПП 35/10 кВ з використанням радіальної схеми подальшої каналізації електроенергії та встановленням на ній трансформаторів 6300 кВА.

Запропоновано для електропостачання цехових споживачів заводу встановити вісім цехових трансформаторних підстанцій у складі шести двотрансформаторних і двох одно трансформаторних потужністю 1000 кВА.

В роботі було обрано та рекомендовано до впровадження комутаційні електроапарати на напругу 10 та 0,4 кВ, які були перевірені на комутаційну здатність струмами коротких замикань. Вибрано відповідні перерізи та марки провідників та кабелів живлення.

Для вирішення важливих аспектів створення оптимальної системи електропостачання були проведенні розрахунки, що стосувалися вибору місць розташування на генеральному плані підприємства головної понижувальної та цехових трансформаторних підстанцій.

Для забезпечення надійного електропостачання та безпечної експлуатації електроустановок підприємства в бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблені питання аналізу та розрахунку заземлюючих пристроїв. В рамках цього надані рекомендації та приведений алгоритм та виконаний розрахунок контуру заземлення на прикладі трансформаторної підстанції. Надані рекомендації з використання необхідних матеріалів та пристроїв заземлення.

В доповнення питань, що забезпечують безпечну експлуатацію електро-установок та захист обслуговуючого персоналу, в бакалаврській кваліфікаційній роботі розробленні питання охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
2. Бурбело М.Й. «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця: ВНТУ, 2005р
3. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с
3. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).
4. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
6. ДСТУ IEC/TR 60909-4:2008 (IEC/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
7. Ягуп В. Г., Ягуп К. В. Моделювання та оптимізація режимів систем енергопостачання та електроспоживання : навч. посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 183 с.
8. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
9. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>

10. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки відносно опрацювання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей: навч. Посіб. Вінниця, ВНТУ, 2003. 46 с.

11. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

12. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

13. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

14. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

15. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

16. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

17. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

18. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

19. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

ДОДАТКИ

Додаток А
Вихідні дані

Таблиця А.1 – Електричні навантаження цехів

№ на ген. плані	Назва цеху	P_n , кВт	Категорія
1	Складальний цех	5400	II
2	Механічний цех	3500	II
3	Заготівельний цех	1250	II
4	Адміністративно-побутовий корпус	114	II
5	Будівля ЦТНС	10	II
6	Ковальсько-пресова дільниця	1300	II
7	Інструментальний цех	450	II
8	Гальванічна дільниця	60	II
9	Експериментальний цех	120	II
10	Котельня	15	II
11	Цех товарів народного споживання	720	II
12	Насосна станція	9	II
13	Відділ головного механіка	320	II
14	Ливарний цех	906	II
15	Нафтова ловушка	3	II
16	Транспортна дільниця	13	II
17	Компресорна станція	160	II
18	Газорозподільний пункт	24	II



Рис.А.1 – Генеральний план заводу

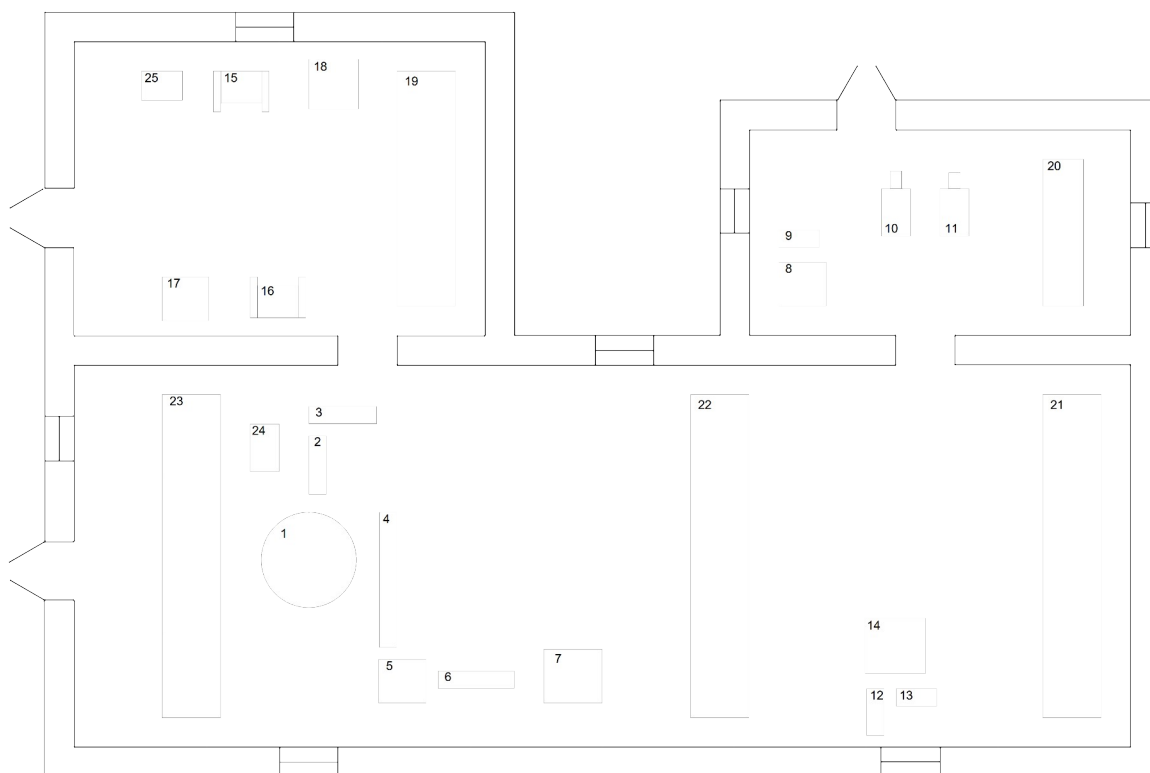


Рисунок А.2 - План ливарного цеху з розміщенням технологічного обладнання

Таблиця А.2 – Інформація про електричні навантаження цеху

№	Назва	К-сть	Рн, кВт
1	Змішувач чашечний	1	28
2	Транспортер видачі готової суміші від змішувача	1	4
3	Транспортер подачі горілої суміші в резервуар	1	5,6
4	Транспортер подачі горілої суміші в бункер	1	4,7
5	Елеватор ковшовий	1	5,1
6	Транспортер подачі горілої суміші в елеватор	1	4,5
7	Решітка вибивна	1	4,4
8,9	Піч індукційна з електрообладнанням	2	130
10	Машина центробіжна 553-2	1	25
11	Машина центробіжна 552-2	1	17
12-14	Піч індукційна з електрообладнанням	3	130
15,16	Станок обдирочно-шліфувальний	2	15
17	Барабан очисний дробомітний	1	36,6
18	Барабан очисний галтовочний	1	8
19	Кран-містовий	1	23,2
20	Кран-балка	1	3,5
21	Кран-балка	1	9,3
22	Кран електромостовий	1	27,2
23	Кран-балка	1	12,5
24	Глиномішалка	1	3
25	Станок вертикально-свердильний	1	4,4

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Аналіз системи електропостачання Приватного акціонерного товариства «Калинівський машинобудівний завод»

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота
(бакалаврська кваліфікаційна робота / магістерська кваліфікаційна робота)

Підрозділ Кафедра ЕСЕМ, ФЕЕМ, ЕЕ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 10 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Бурбело М. Й., завідувач кафедри ЕСЕМ _____
(прізвище, ініціали, посада) (підпис)

Бабенко О. В., доцент кафедри ЕСЕМ _____
(прізвище, ініціали, посада) (підпис)

Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю. В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

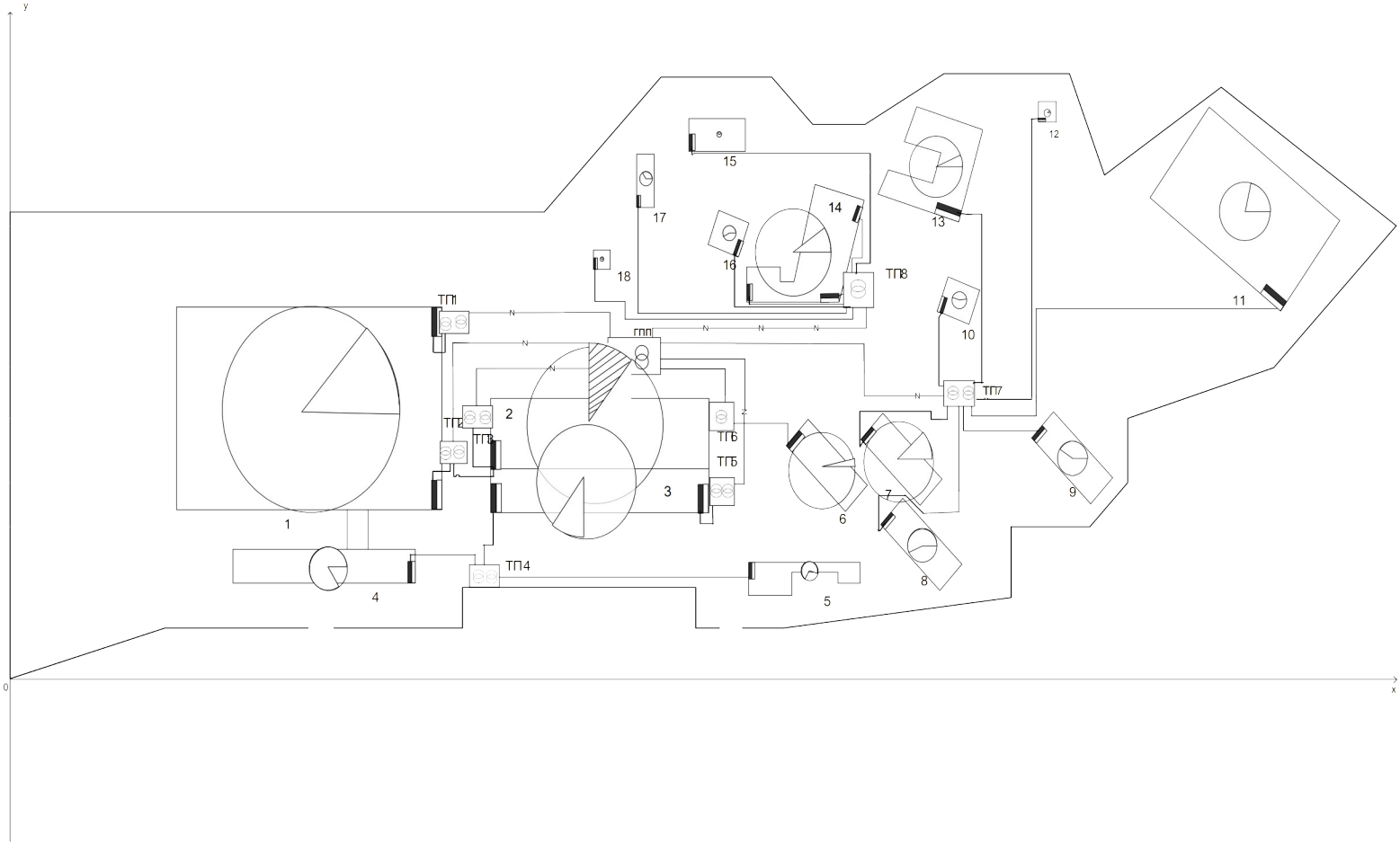
З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник _____ Кравець О.М. _____
(підпис) (прізвище, ініціали, посада)

Здобувач _____ Борисюк В.О. _____

Додаток В

Генплан підприємства з нанесеною картограмою навантажень

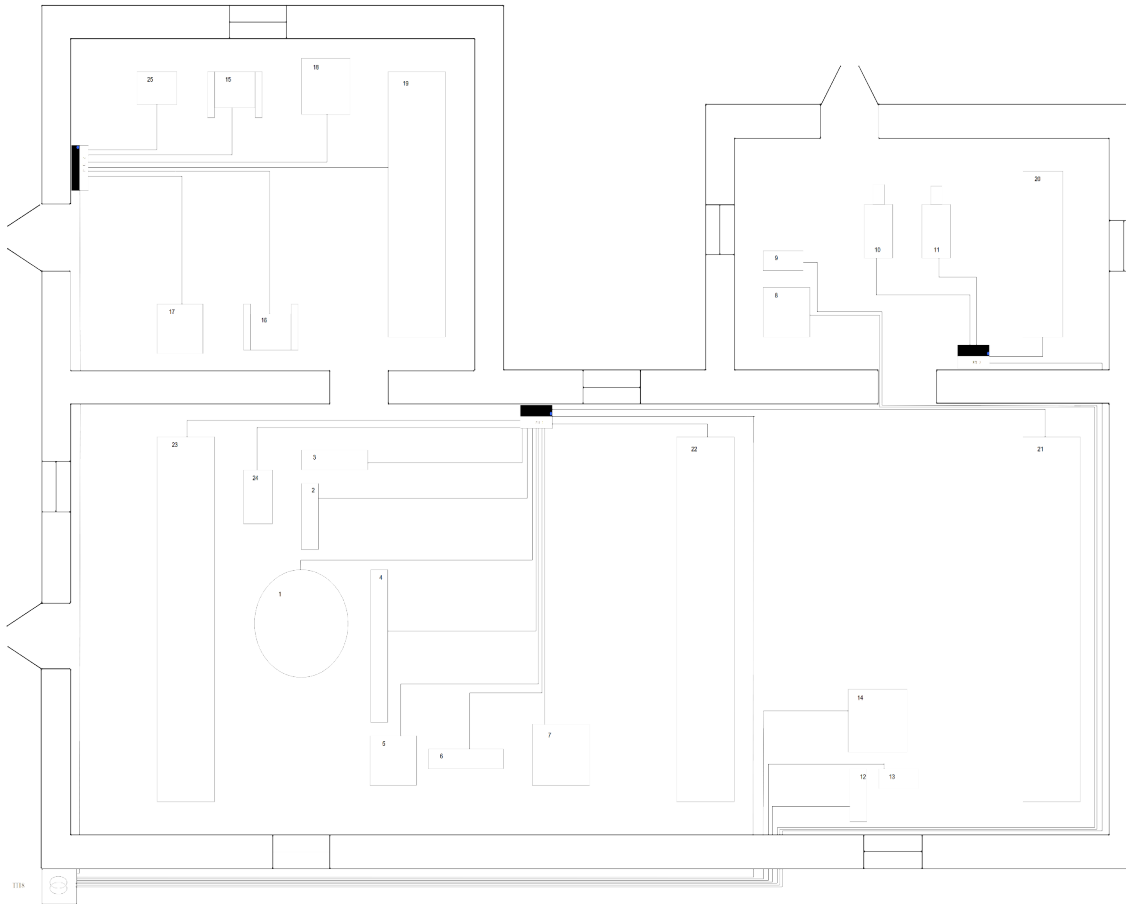


№	Найменування	Рн, кВт
1	Складальний цех	5400
2	Механічний цех	3500
3	Заготівельний цех	1250
4	Адміністративно-побутовий корпус	114
5	Будівля ЦТНС	10
6	Ковальсько-пресова дільниця	1300
7	Інструментальний цех	450
8	Гальванічна дільниця	60
9	Експериментальний цех	120
10	Котельня	15
11	Цех товарів народного споживання	720
12	Насосна станція	9
13	Відділ головного механіка	320
14	Ливарний цех	906
15	Нафтова ловушка	3
16	Транспортна дільниця	13
17	Компресорна станція	160
18	Газорозподільний пункт	24

[illegible]

Додаток Д

План ливарного цеху



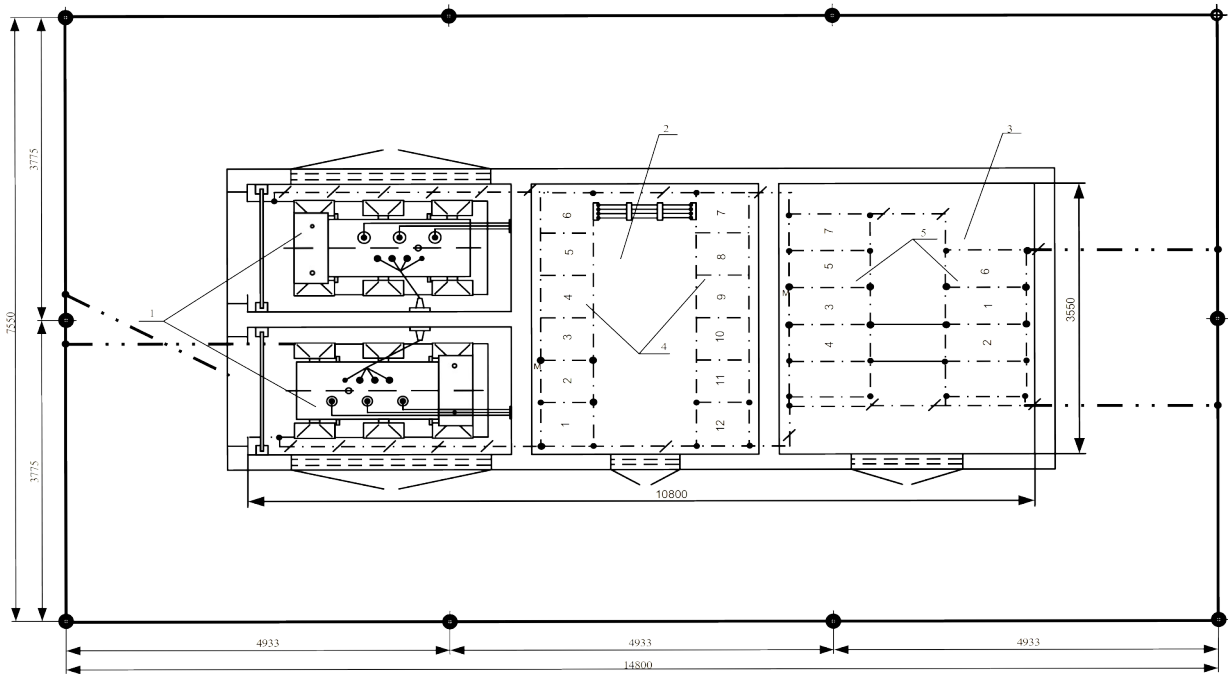
№	Найменування	Рн, кВт	Вимикачі	Лінії
1	Змішувач чашечний	28	ВА 51-31	АПВ 4x16
2	Транспортер видачі готової суміші від змішувача	4	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
3	Транспортер подачі горілої суміші в резервуар	5,6	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
4	Транспортер подачі горілої суміші в бункер	4,7	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
5	Елеватор ковшовий	5,1	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
6	Транспортер подачі горілої суміші в елеватор	4,5	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
7	Решітка вибивна	4,4	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
8-9	Піч індукційна з електрообладнанням	130	ВА 51-37	АВВГ 3x185
10	Машина центробіжна 553-2	25	ВА 51-31	АПВ 4x16
11	Машина центробіжна 552-2	17	ВА 51-31	АПВ 4x10
12-14	Піч індукційна з електрообладнанням	130	ВА 51-37	АВВГ 3x185
15-16	Станок обдирочно-шліфувальний	15	ВА 51-31	АПВ 4x10
17	Барaban очисний дробомітний	36,6	ВА 51-31	АПВ 4x35
18	Барaban очисний галтовочний	8	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
19	Кран містовий	23,2	ВА 51-31	АПВ 4x2,5
20	Кран-балка	3,5	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
21	Кран-балка	9,3	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
22	Кран електромостовий	27,2	ВА 51-31	АПВ 4x25
23	Кран-балка	12,5	ВА 51-31	АПВ 4x10
24	Глиномішалка	3	ВА 51-25	АПВ 4x2,5
25	Станок вертикально-свердильний	4,4	ВА 51-25	АПВ 4x2,5

Додаток Є

Розрахунково-монтажна таблиця

ТП	Тип виконавця	важист					ліній				РП1	Тип виконавця	важист					ліній				втор. РП1	Тип виконавця	важист					ліній				Номер ЕП	Назва електроприймача																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
		I _{ном}	I _{нзг.10}	I _{нзг}	I _n	L, м	I _{ном}	I _{нзг.10}	I _{нзг}	I _n			L, м	I _{ном}	I _{нзг.10}	I _{нзг}	I _n	L, м	I _{ном}	I _{нзг.10}	I _{нзг}			I _n	L, м	I _{ном}	I _{нзг.10}	I _{нзг}	I _n	L, м	I _{ном}	I _{нзг.10}			I _{нзг}	I _n	L, м																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	BA 55-37	160	100.8	1080	89.96	ABBГ 4x25	115	3	PT1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

Додаток Д
План заземлення ТП



Умовні позначення

- Вертикальний заземлювач (сталевий електрод Ø 12 мм, l = 5 м)
- Внутрішній контур заземлення
- Металоконструкції, котрі заземлюються
- Зовнішній контур заземлення

Примітки

- 1. Заземлюючі пристрої виконують у відповідності до п.6.6 ПЗ.
- 2. Заземлюючий опір заземлюючого контуру не повинен перевищувати 4 Ом, цей опір має бути забезпеченим у будь яку пору року.
- 3. Заземлення металоконструкцій під електроустановками здійснюється відгалуженнями від основних магістралей і виконуються сталлю перерозом 25х4 мм.
- 4. В РТ та у приміщенні щитової у якості магістралей заземлення використовуються закладні і кутники для встановлення камер КСО та панелей ЩО-70М щита 0,4 кВ.

Специфікація на метал

№	Назва	Розмір мм	Маса, кг Од.Зм	Примітки
I Внутрішній контур заземлення				
1	Сталь стрічкова	24x4 м	20 0,79 16	ГОСТ 103-57
II Зовнішній контур заземлення				
2	Електрод	Ø12 шт	8 1,2 9,6	
3	Сталь стрічкова	40x4 м	45 2,656 103,57	ГОСТ

Поз.	Позначення типу виробу	Найменування	К-ть шт	Примітки
1	ТМ-1600-6	Силовий трансформатор	2	
2		Розподільний пристрій 0,4 кВ	1	
3		Розподільний пристрій 6 кВ	1	
4	ЩО-70М	Панель 0,4 кВ	12	
5	КСО-272	Панель 6 кВ	7	

АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИВАТНОГО АКЦІОНЕРНОГО ТОВАРИСТВА «КАЛИНІВСЬКИЙ МАШИНОБУДІВНИЙ ЗАВОД»

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕЕ-216
Спеціальність 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Борисюк В.О.

Керівник

Кравець О.М.

1

Актуальність теми. Аналіз та розробка системи електропостачання любого підприємства є актуальним, так як створює умови безперебійного та надійного живлення основного технологічного процесу. Особливо це стосується на сучасному етапі підприємств машинобудівної галузі, які можуть виконувати різноманітні оборонні замовлення.

Мета і задачі дослідження. Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є проектування з попереднім аналізом системи електропостачання Калинівського машинобудівного заводу, яка б задовольняла сучасним вимогам, що висуваються до них.

Задачі бакалаврської кваліфікаційної роботи:

- провести аналіз та розробити систему електропостачання Приватного акціонерного товариства «Калинівський машинобудівний завод»;
- підвищити якість та безпеку виконання всіх видів електроремонтних робіт за рахунок створення мережі заземлюючих пристроїв головної понижувальної підстанції.

Об'єкт дослідження – система електропостачання Приватного акціонерного товариства «Калинівський машинобудівний завод».

Предмет дослідження – впровадження передових технологій проектування систем електропостачання з метою підвищення її ефективності.

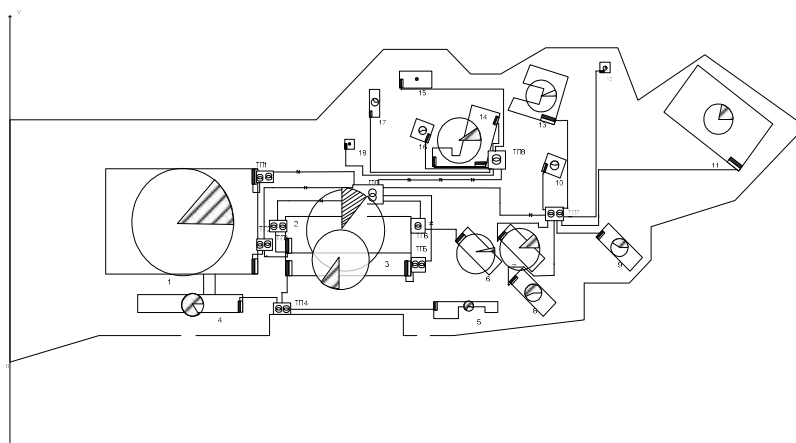
Методи досліджень. У бакалаврській кваліфікаційній роботі використанні методи розрахунку, що пропонуються проектними організаціями, а також методи фундаментальних знань з теорії електротехніки, математичної алгебри та окремих емпіричних методів, що покладені в основу загальних алгоритмів визначення окремих величин, які притаманні принципам побудови систем електропостачання.

Новизна. Полягає в адаптації та використанні сучасних методів проектування орієнтованих на машинобудівну галузь.

Практична цінність. Результати отримані в процесі виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи можуть бути використані при синтезі подібних систем забезпечення електроенергією підприємств любой галузі.

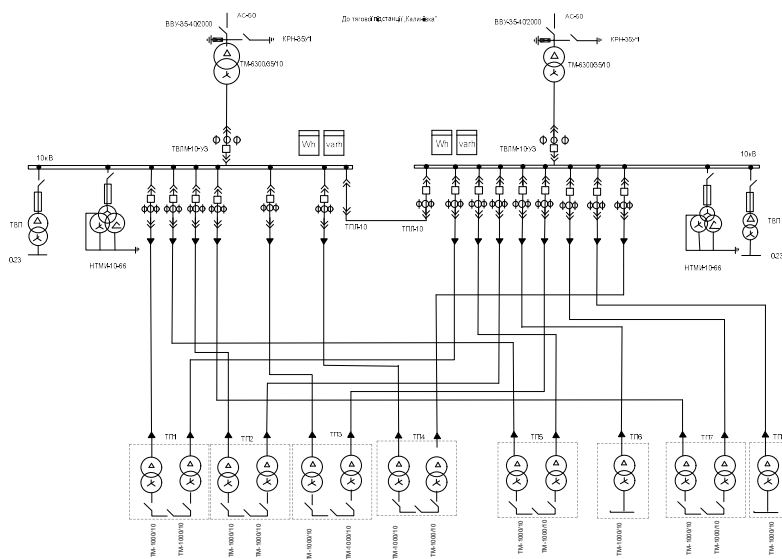
2

Генеральний план підприємства Картограма електричних навантажень



3

Однолінійна схема електропостачання



4

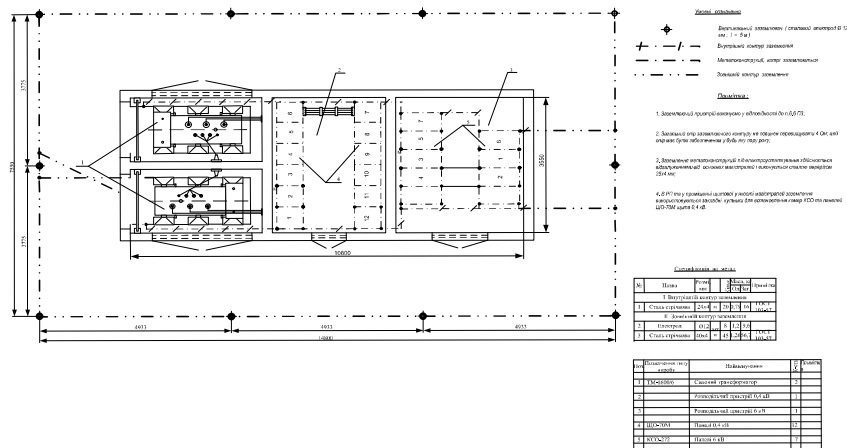
№	Наименование	Руб.	Видим-4	Лит
1	Заказываемый	28	PA 5 1-1	ATB 4-05
2	Транспортер для перевозки сумки	4	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
3	Транспортер для перевозки сумки	5	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
4	Транспортер для перевозки сумки	4	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
5	Благодарственный транспортер для перевозки сумки	4,7	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
6	Резиновая вышка	4,5	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
8-9	Плоскодонный электроподъемник	1,30	PA 5 1-2-7	ABT 4-01-7
10	Машина для очистки	1,50	PA 5 1-2-1	ABT 4-01-1
11	Машина для очистки	1,50	PA 5 1-2-1	ABT 4-01-1
12-14	Плоскодонный электроподъемник	1,30	PA 5 1-2-7	ABT 4-01-7
15-16	Станок для обработки металла	15	PA 5 1-2-1	ABT 4-01-1
17	Варочный ручной дробильный	3,60	PA 5 1-3-1	ABT 4-05
18	Барачный ручной пилосос	8	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
19	Кран-подъемный	2,32	PA 5 1-2-1	ATB 4-02-5
20	Кран-подъемный	3,5	PA 5 1-2-1	ATB 4-02-5
21	Кран-подъемный	8,3	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
22	Кран-электроподъемный	2,72	PA 5 1-3-1	ABT 4-02-5
23	Кран-подъемный	1,25	PA 5 1-2-1	ABT 4-01-1
24	Кран-подъемный	4	PA 5 1-2-5	ATB 4-02-5
25	Самосвал с гидравлическим подъемником	4,4	PA 5 1-3-1	ABT 4-02-5

5

S1										S2										S3										S4										S5										S6										S7										S8										S9										S10										S11										S12										S13										S14										S15										S16										S17										S18										S19										S20										S21										S22										S23										S24										S25										S26										S27										S28										S29										S30										S31										S32										S33										S34										S35										S36										S37										S38										S39										S40										S41										S42										S43										S44										S45										S46										S47										S48										S49										S50										S51										S52										S53										S54										S55										S56										S57										S58										S59										S60										S61										S62										S63										S64										S65										S66										S67										S68										S69										S70										S71										S72										S73										S74										S75										S76										S77										S78										S79										S80										S81										S82										S83										S84										S85										S86										S87										S88										S89										S90										S91										S92										S93										S94										S95										S96										S97										S98										S99										S100										S101										S102										S103										S104										S105										S106										S107										S108										S109										S110										S111										S112										S113										S114										S115										S116										S117										S118										S119										S120										S121										S122										S123										S124										S125										S126										S127										S128										S129										S130										S131										S132										S133										S134										S135										S136										S137										S138										S139										S140										S141										S142										S143										S144										S145										S146										S147										S148										S149										S150										S151										S152										S153										S154										S155										S156										S157										S158										S159										S160										S161										S162										S163										S164										S165										S166										S167										S168										S169										S170										S171										S172										S173										S174										S175										S176										S177										S178										S179										S180										S181										S182										S183										S184										S185										S186										S187										S188										S189										S190										S191										S192										S193										S194										S195										S196										S197										S198										S199										S200										S201										S202										S203										S204										S205										S206										S207										S208										S209										S210										S211										S212										S213										S214										S215										S216										S217										S218										S219										S220										S221										S222										S223										S224										S225										S226										S227										S228										S229										S230										S231										S232										S233										S234										S235										S236										S237										S238										S239										S240										S241										S242										S243										S244										S245										S246										S247										S248										S249										S250										S251										S252										S253										S254										S255										S256										S257										S258										S259										S260										S261										S262										S263										S264										S265										S266										S267										S268										S269										S270										S271										S272										S273										S274										S275										S276										S277										S278										S279										S280										S281										S282										S283										S284										S285										S286										S287										S288										S289										S290										S291										S292										S293										S294										S295										S296										S297										S298										S299																			
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

6

План заземлення ТП



7

• **ВИСНОВКИ**

- В бакалаврській кваліфікаційній роботі було проведено аналіз та виконано розрахунки з проектування системи електропостачання Калинівського машинобудівного заводу.
- Розробка основних розділів бакалаврської роботи базувалася на попередньому аналізі складових системи електропостачання, що відносяться до електричних навантажень, схем живлення споживачів та ін.. Такий підхід дозволив приймати зважені рішення по проектуванню сучасної системи електропостачання заводу.
- В результаті проектних робіт обрано схему живлення споживачів, що передбачає спорудження головної понижувальної підстанції ГПП 35/10 кВ з використанням радіальної схеми подальшої каналізації електроенергії та встановленням на ній трансформаторів 6300 кВА.
- Запропоновано для електропостачання цехових споживачів заводу встановити вісім цехових трансформаторних підстанцій у складі шести двотрансформаторних і двох одно трансформаторних потужністю 1000 кВА.
- В роботі було обрано та рекомендовано до впровадження комутаційні електроапарати на напругу 10 та 0,4 кВ, які були перевірені на комутаційну здатність струмами коротких замикань. Вибрано відповідні перерізи та марки провідників та кабелів живлення.
- Для вирішення важливих аспектів створення оптимальної системи електропостачання були проведенні розрахунки, що стосувалися вибору місць розташування на генеральному плані підприємства головної понижувальної та цехових трансформаторних підстанцій.
- Для забезпечення надійного електропостачання та безпечної експлуатації електроустановок підприємства в бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблені питання аналізу та розрахунку заземлюючих пристроїв. В рамках цього надані рекомендації та приведений алгоритм та виконаний розрахунок контуру заземлення на прикладі трансформаторної підстанції. Надані рекомендації з використання необхідних матеріалів та пристроїв заземлення.
- В доповнення питань, що забезпечують безпечну експлуатацію електроустановок та захист обслуговуючого персоналу, в бакалаврській кваліфікаційній роботі розроблені питання охорони праці.

8