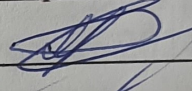


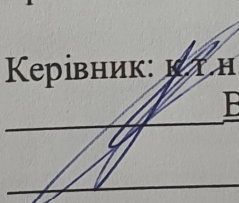
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

Бакалаврська дипломна робота на тему:

Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою
відповідальністю «Ятек-Україна», село Мовчани, Жмеринського району

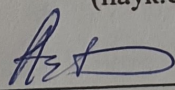
Виконав: студент 4 курсу, групи Е-22мс
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,

Трайтека М.В. 

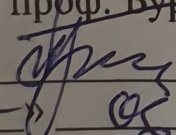
Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ
Войтюк Ю.П. 

« 17 » 06 2024 р.

Рецензент к.т.н., проф. каф. ЕСС
(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

 Рубаненко О.В.
« 18 » 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н., проф. Бурбело М.Й.


« 17 » 06 2024 р.

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. М. Й. Бурбело

« 11 » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Трайтека Максим Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Ятек-Україна», село Мовчани, Жмеринського району керівник роботи Войтюк Юрій Петрович к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ затверджені наказом по ВНТУ від «11» «березня» 2024 року № 80
2. Термін подання студентом роботи «11» «червня» 2024 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 та перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація

Вступ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

2.2 Вибір схеми цехової мережі

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

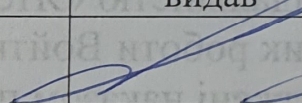
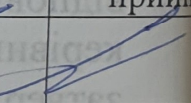
2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

3 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В СЕП ПІДПРИЄМСТВА

- 3.1 Аналіз та характеристики пунктів автоматичного регулювання напруги
- 3.2 Використання ПАРН в системі електропостачання підприємства
- 3.3 Розробка цифрової моделі ПАРН в MATLAB Simulink
- 3.4 Моделювання основних режимів роботи регулятора напруги
- 4 ОХОРОНА ПРАЦІ
- 4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта
- 4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
- 4.3 Пожежна безпека
- Висновки
- Література
- Додаток
 - Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
 - Однолінійна схема електропостачання підприємства
 - План цеху і силової мережі
 - Розрахунково-монтажна таблиця
 - Креслення із спецпитання
6. Консультанти розділів роботи

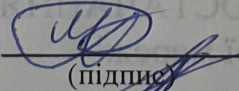
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «03» «травня» 2024 року.

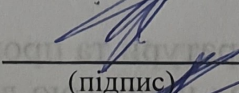
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.24	вик.
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	07.06.24	вик.
3	Охорона праці	10.06.24	вик.
4	Графічна частина	11.06.24	вик.

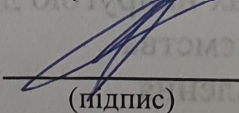
Студент


(підпис)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи


(підпис)

Нормоконтроль


(підпис)

Трайтека М.В.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю. П.
(прізвище та ініціали)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Трайтека Максим Володимирович. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Ятек-Україна», село Мовчани, Жмеринського району. Бакалаврська дипломна робота. Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, 2024 – 73с.

В роботі розглянуті питання по розрахунку електропостачання підприємства та одного із виробничих цехів, здійснено вибір кількості і потужності трансформаторних підстанцій, переріз ліній живлення внутрішньозаводської мережі та мережі цеху, та проведено вибір і перевірку захисних апаратів та автоматики. Розраховано основні техніко-економічні показники СЕП підприємства.

В науково-дослідній частині роботи проаналізовано пристрої ПАРН та принципи їх роботи. Показано ефективність роботи пристроїв ПАРН для регулювання напруги в мережі даного підприємства. Проведено моделювання основних режимів роботи пристроя ПАРН типу ВДТ/VR32 для системи електропостачання даного підприємства в MATLAB Simulink. На підставі отриманих результатів обрано оптимальні параметри ПАРН при роботі на навантаження даного підприємства.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електричні мережі, електропостачання, регулювання напруги.

ABSTRACT

Maksym Volodymyrovych Traiteka. Development of the electricity supply system of the limited liability company "Yatek-Ukraine", the village of Movchany, Zhmeryn district. Bachelor thesis. Specialties 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. – ESEEM Department – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2024 – 73p.

In the work, the issues of calculating the electricity supply of the enterprise and one of the production shops were considered, the number and power of transformer substations were selected, the cross-section of the power lines of the intra-plant network and the network of the shop, and the selection and verification of protective devices and automation were carried out. The main technical and economic indicators of the SEP of the enterprise are calculated.

In the research part of the work, PARN devices and principles of their operation are analyzed. The effectiveness of PARN devices for voltage regulation in the network of this enterprise is shown. Modeling of the main modes of operation of the VDT/VR32 type PARN device for the power supply system of this enterprise was carried out in MATLAB Simulink. On the basis of the obtained results, the optimal parameters of the PARN were selected when working on the load of this enterprise.

The issue of occupational health and safety in emergency situations was considered.

Keywords: electrical networks, power supply, voltage regulation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства.....	7
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	8
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	11
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі.....	11
2.2 Вибір схеми цехової мережі.....	13
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	14
2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В.....	17
2.5 Розрахунок навантажень підприємства.....	21
2.6 Вибір оптимальної напруги живлення.....	21
2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення.....	23
2.8 Вибір і розміщення цехових ТП.....	25
2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	27
2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі.....	30
3 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В СЕП ПІДПРИЄМСТВА.....	33
3.1 Аналіз та характеристики пунктів автоматичного регулювання напруги.....	33
3.2 Використання ПАРН в системі електропостачання підприємства.....	36
3.3 Розробка цифрової моделі ПАРН в MATLAB Simulink.....	38
3.4 Моделювання основних режимів роботи регулятора напруги.....	42
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	45
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії.....	48
4.2.1 Мікроклімат.....	48
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	48
4.2.3 Виробниче освітлення.....	49
4.2.4 Виробничий шум.....	49
4.2.5 Виробничі вібрації.....	50
4.3 Пожежна безпека.....	50

ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	57
ДОДАТКИ	62
Додаток А – Вихідні дані.....	63
Додаток Б – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	64
Додаток В – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами	65
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства	66
Додаток Д – План електропостачання цеху.....	67
Додаток Є – Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху.....	68
Додаток Ж – Регулювання напруги в мережах підприємства	69
Додаток З – Моделювання роботи силового трансформатора з пристроєм ПАРН ..	70

ВСТУП

Актуальність теми. Ефективне та надійне електропостачання і подальше споживання електроенергії виробництвами - завдання, яке можна вирішити за допомогою автоматизації електропостачання. Важливість цієї проблеми обумовлена постійним зростанням цін на електроенергію і необхідністю стабільного постачання електроенергії на об'єкти. Використання науково-технічних досягнень в області електропостачання дозволяє реалізувати широкий і складний спектр економічних і технічних рішень і досягти оптимальних умов споживання електроенергії для підприємств.

Комплексне впровадження пристроїв автоматизації електропостачання дозволяє в віддаленому режимі управляти, контролювати функціонування і технічний стан системи. Об'єктивні результати вимірювань з встановленої частотою надають дані, що дозволяють запобігати появі відмов, узгоджувати споживання, сприяють економії енергоресурсів. Такі мережі підвищують ефективність впровадження нових технологічних процесів, забезпечують безпеку, надійність і зручність експлуатації. Автоматизація електроспоживання виконується з досягненням необхідних показників за обраними критеріями. Реалізація на об'єкті автоматизованої системи електропостачання - запорука безперебійної подачі електроенергії, зменшення кількості втрат та раннього виявлення передумов до появи відмов. Актуальними для підприємства ТОВ «Ятек-Україна» є задачі по оптимізації системи електропостачання шляхом проведення технічних та проектних рішень.

Мета і завдання дослідження. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості електропостачання ТОВ «Ятек-Україна» за допомогою впровадження сучасних систем автоматизованого управління процесом електропостачання, розрахунок оптимальних параметрів ключових пристроїв системи електропостачання за допомогою новітніх математичних моделей, які дозволяють отримати найбільш оптимальні результати.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно здійснити виконання

наступних задач на основі сучасних методів проектування СЕП:

- кількість, тип та встановлена потужність трансформаторних підстанцій, які забезпечують оптимальне електропостачання;
- тип, переріз, спосіб прокладення ліній живлення, які забезпечують надійне та економічне електропостачання;
- розташування трансформаторних підстанцій на території підприємства з врахуванням картограми навантаження що дає мінімальні втрати потужності,
- використання пристрою ПАРН для забезпечення нормованих рівнів напруги та зменшень явищ відхилень напруги та покращення показників якості електричної енергії в цілому по підприємстві.

Об'єкт дослідження – система електропостачання ТОВ «Ятек-Україна».

Предмет дослідження – ключові елементи системи електропостачання та електричні режими в ній.

Наукова новизна одержаних результатів.

Оптимізовано електропостачання ТОВ «Ятек-Україна» за допомогою проектування та впровадження автоматизованої системи електропостачання, яка має оптимальні показники надійності, економічності та оптимальних режимів роботи пунктів автоматичного регулювання напруги для покращення параметрів якості електричної енергії в мережі підприємства для якої характерні явища пов'язані з відхиленням нормованих значень напруги.

Практична реалізація отриманих проектних рішень зробить систему електропостачання ТОВ "Ятек-Україна" технічно та економічно оптимізованою як з точки зору проектування, так і з точки зору експлуатації. Використання пристрою ПАРН в системі електропостачання підприємства дозволить зменшити втрати активної енергії, а також покращити показники якості електричної енергії, а також зменшити кількість та тривалість аварійних відключень під час виходу з ладу електрообладнання.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

ТОВ «Ятек-Україна» знаходиться за юридичною адресою: 23154, Україна, Вінницький р-н, Вінницька обл., село Мовчани, вул. Шевченка, будинок, 1Е.

Основний вид діяльності підприємства це надання послуг та товарів, виробництво обладнання, які відносяться до сільськогосподарської сфери.

Сільськогосподарське обладнання є невід'ємною частиною ефективної та продуктивної сільськогосподарської діяльності. Його важливість полягає, перш за все, у його здатності оптимізувати сільськогосподарську працю та покращити показники ключових аспектів виробництва.

Типи сільськогосподарського устаткування з яким працює дане підприємство:

Грунтообробна техніка. Вона є основою сільського господарства, використовується для обробки ґрунту перед посівом рослин. Плуги, культиватори та інші інструменти ґрунтообробної техніки допомагають вирівнювати поверхню ґрунту, підготовлювати його для посіву та стимулювати ріст рослин.

Посівна техніка. Така техніка охоплює різноманітні сівалки та посівні машини, які використовуються для точного розсіювання насіння на полі. Вона грає важливу роль у визначенні густоти посадки та глибини закладення насіння, що впливає на рівномірний ріст рослин та їх врожайність.

Устаткування для догляду за посівами. Цей тип устаткування використовується для підтримки та догляду за рослинами протягом їхнього росту. Він включає в себе різноманітні машини та пристрої для поливу, внесення добрив, обприскування проти шкідників та боротьби з хворобами.

Збиральне обладнання. Воно використовується для збору врожаю з полів. Комбайни, жниварки та інші машини для збору допомагають ефективно та швидко виконати цей етап виробництва.

Причіпне обладнання, яке випускає підприємство, призначене для встановлення на причіп чи іншу техніку, що рухається за трактором. Його використання дозволяє фермерам максимально використовувати потужність основної техніки та ефективно розширювати функціональні можливості.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

ТОВ «Ятек-Україна» мале підприємство споживачів, якого необхідно віднести до III категорії надійності електропостачання, генеральний план даного підприємства з необхідними для реалізації проекту СЕП даними зображено на рисунку 1.1. Дані електричних навантажень об'єктів проектування наведені в таблиці 1.1.

На підприємстві є два виробничі корпуси, чотири допоміжних та заготівель-підготовчих цехів та побутове приміщення.

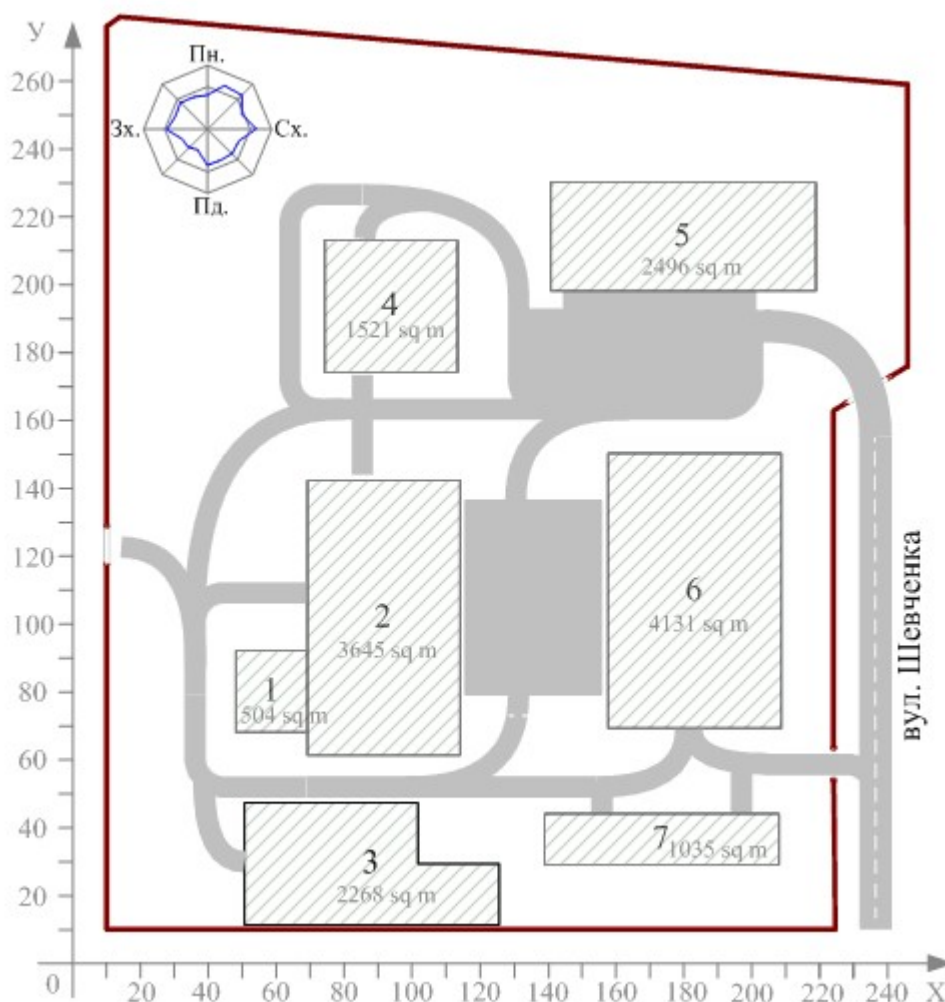


Рисунок 1.1 – Генплан ТОВ «Ятек-Україна»

При розробці системи електропостачання проектувальники використовують основні вихідні дані-активні і реактивні навантаження.

Таблиця 1.1 – Електричні навантаження виробничих потужностей ТОВ «Ятек-Україна»

№	Назва	P, кВт	Площа м ²	X, м	У, м
1	Котельня	88	504	58	80
2	Виробничий корпус №1	210	3645	91	101
3	Механічний цех №1		2268	88	29
4	Адмінбудівля	65	1521	93	193
5	Механічний цех №2	295	2496	179	214
6	Виробничий корпус №2	375	4131	183	110
7	Складське приміщення	55	1035	173	37

Відомості про навантаження електроприймачів Механічного цеху №1, який зображений на генплані підприємства під №5 представлено в табл. 1.2, план розташування електроприймачів даного цеху зображено на рисунку 1.2.

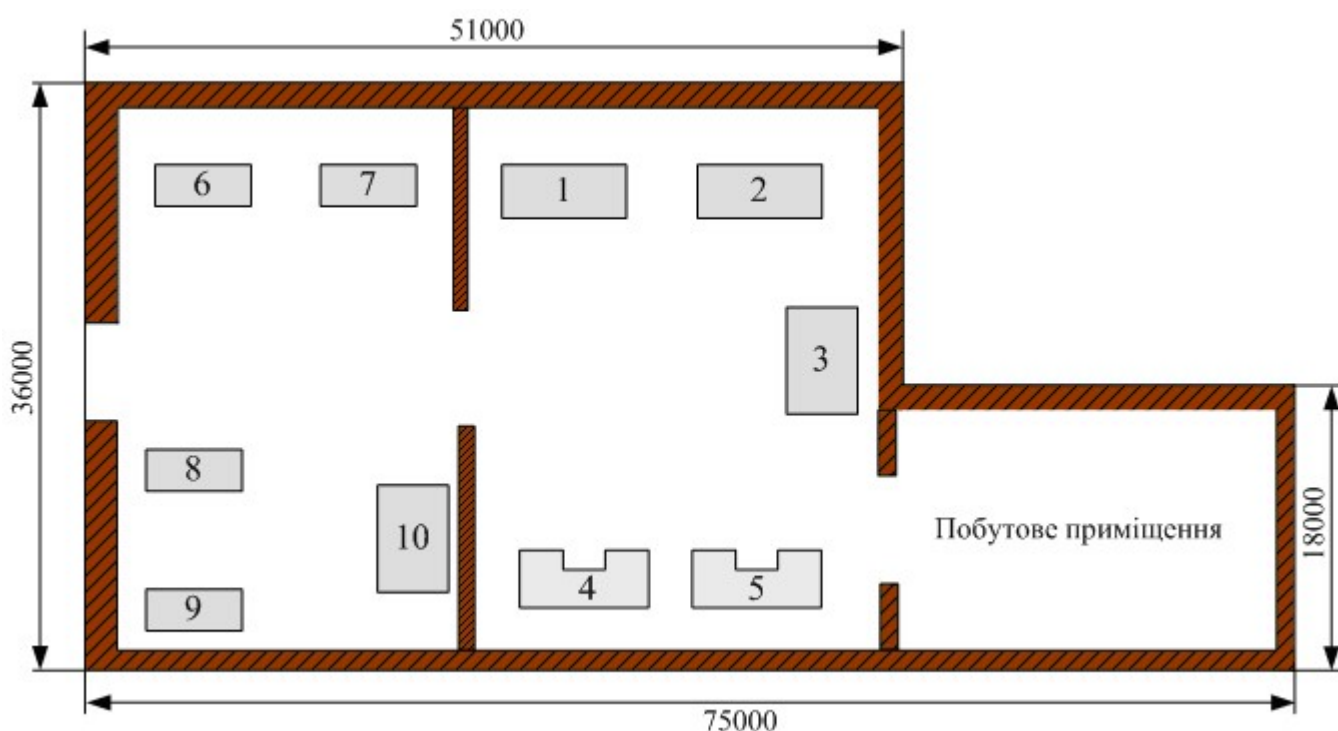


Рисунок 1.2 – План Механічного цеху

Залежно від величини електричного навантаження визначаються компоненти системи електропостачання, налаштування захисту, компенсація реактивної потужності, регулювання напруги, споживання і втрати потужності. Точність

визначення електричного навантаження має вирішальне значення в процесі проектування.

Таблиця 1.2 – Відомості про ЕП цеху

№ на плані	Електроприймач	Рн, кВт
1,2	Фрезерувальний верстат	18
3	Трубозгинальний верстат	18
4,5	Шліфувальний верстат	11,5
6,7	Токарний верстат	9
8,9	Свердлильний верстат	6
10	Обдирний верстат	12

Висновки. В даному розділі дипломної роботи було проаналізовано діяльність підприємства ТОВ «Ятек-Україна» та характер його електричних навантажень. Наведено відомості про електричні навантаження підприємства та Механічного цеху, які дають змогу провести розрахунок навантаження та здійснення проектування СЕП для даного підприємства. Ефективна робота виробничих підприємств може бути реалізована шляхом правильного вибору актуально розроблених методів та засобів для здійснення проекту системи електропостачання. Тому актуальним питанням є використання заходів, які дають змогу підбирати оптимальні системи електропостачання, сучасне електрообладнання, кабельно-провідникову продукцію, підвищувати надійність та якість електропостачання [1].

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Етап вибору схеми цехової мережі є першочерговим та дуже важливим під час проектування системи електропостачання мереж 0,4 кВ виробничих потужностей. При виборі оптимальної схеми потрібно враховувати наступні фактори, які будуть впливати на роботу розробленої системи підведення живлення до електроприймачів: тривалість навантаження груп електроприймачів (ЕП), номінальна активна та повна потужність ЕП та розрахункове сумарне навантаження на РП, розташування апаратів, втрати в лініях живлення, надійність та економічність.

Цехова мережа розрахована відповідно [6] використовуючи табличну форму (форма Ф636-92). Результат виконаного розрахунку показано в таблиці 2.2.

Для живлення усіх ЕП Механічного цеху №1 буде використано два розподільчих пунктів РП 1,2. (рисунок 2.1).

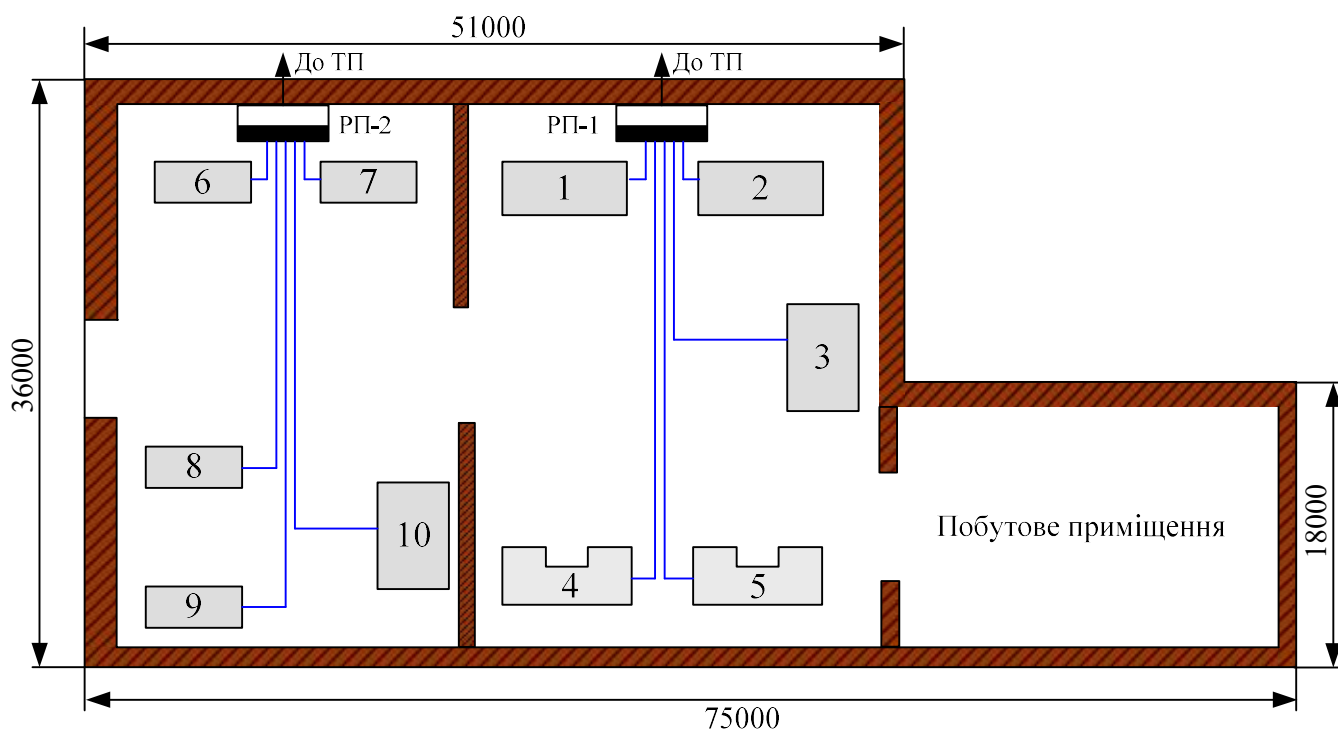


Рисунок 2.1 – План електропостачання цеху

Алгоритм визначення розрахункового навантаження цеху наступний: спочатку вибирається схема мережі цеху з урахуванням таких факторів, як найближче розташування підстанції розподільного пункту до споживачів і

споживачів потужністю понад 55 кВт, які живляться безпосередньо від трансформатора підстанція.

В таблиці 2.1 наведені формули згідно [6] використовуючи які можна виконати розрахунок цехової мережі.

Таблиця 2.1 – Послідовність формул для розрахунку навантажень цехової мережі

Назва параметра	Формула	Приклад розрахунку для РП-1
Розрахункове активне навантаження окремого ЕП, кВт	$P_p = P_H$	
Розрахункове реактивне навантаження окремого ЕП, квар	$Q_p = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H$	
Середня активна потужність, кВт	$P_C = K_B \cdot P_H$	$P_C = 5,76 + 2,52 + 3,91 = 12,19$
Середня реактивна потужність, квар	$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \phi$	$Q_C = 7,68 + 3,36 + 5,21 = 16,25$
Груповий коефіцієнт використання	$K_B = \frac{\sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}}{\sum_{i=1}^n P_{Hi}}$	$K_B = \frac{12,19}{77,0} = 0,16;$
Ефективне число ЕП, шт.	$n_e = \left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2 / \sum_{i=1}^n P_{Hi}^2$	$n_e = \frac{77^2}{1236,5} = 4,8 = 4$
Розрахунковий коефіцієнт, береться з [6] таблиці 1.1	$K_p = f(K_B; n_e)$	$K_p = 2,2$
Розрахункове активне навантаження магістральних шинопроводів, кВт	$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}$	
Розрахункове реактивне навантаження магістральних шинопроводів, квар	$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi$	
Розрахункове активне навантаження для живлячої мережі, кВт	$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}$	$P_p = 2,2 \cdot 12,19 = 26,82$
Розрахункове реактивне навантаження для живлячої мережі, квар	$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi, & \text{при } n_e \leq 10, \\ 1,0 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi, & \text{при } n_e > 10; \end{cases}$	$Q_p = 1,1 \cdot 16,25 = 17,88$
Значення повної розрахункової потужності, кВА	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	$S_p = \sqrt{26,82^2 + 17,88^2} = 32,23$
Розрахунковий струм лінії, А	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H}$	$I_p = \frac{32,23 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 48,97$

Результати розрахунків навантажень ліній живлення та розподільчих пристроїв цехової мережі Механічного цеху №1 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Електричні навантаження цехової мережі

	Найменування ЕП	n	P_H , кВт	$n \times P_H$, кВт	K_B	$\lg \phi$	$n \times K_B \times P_H$	$\lg \phi \times n \times K_B \times P_H$	$n \times P_H^2$	n	K_P	P_P , кВт	Q_P , квар	S_P , кВА
	РП 1													
1,2	Фрезерувальний верстат	2	18	36	0,16	1,33	5,76	7,68	648,00					
3	Трубогінальний верстат	1	18	18	0,14	1,33	2,52	3,36	324,00					
4,5	Шліфувальний верстат	2	11,5	23	0,17	1,33	3,91	5,21	264,50					
	Всього РП 1	5		77,0	0,16		12,19	16,25	1236,50	4	2,2	26,82	17,88	32,23
	РП 2													
6,7	Токарний верстат	2	9	18	0,17	1,17	3,06	3,58	162,00					
8,9	Свердильний верстат	2	6	12	0,17	1,33	2,04	2,72	72,00					
10	Обдирний верстат	1	12	12	0,13	1,33	1,56	2,08	144,00					
	Всього РП 2	5		42	0,16		6,66	8,38	378,00	4	2,2	14,65	9,22	17,31
	Всього цеху	10		119,0	0,16		18,9	24,6	1614,5	8	1,65	31,10	40,64	51,18

2.2 Вибір схеми цехової мережі

Для захисту ліній живлення електроприймачів Механічного цеху №1 доцільно обрати автоматичні вимикачі (АВ) від вітчизняного виробника ЕТІ типу ЕВ та ЕВ2. Дані вимикачі оснащені напівпровідниковим чи тепловими і електромагнітним розчіплювачем для виявлення та вимкнення струмів КЗ.

Беручи до уваги вимоги, які наведені в [1] доцільно обрати наступні способи прокладки ліній живлення, які виконані провідниками та кабелями:

від ТП до РП 1,2,3 кабелем марки АВВГ прокладених відкрито.

Від РП 1,2,3 до ЕП провідниками АПВ та кабелями АВВГ.

Переріз ліній живлення вибирається за допустимим струмом.

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

Захисні апарати в цеховій мережі необхідно обирати, таким чином щоб була дотримана умова селективного вимкнення обладнання, тобто першим має спрацювати вимикач який знаходиться ближче інших до точки виникнення КЗ.

В таблиці 2.3 проведено вибір автоматичного вимикача для захисту лінії яка живить ЕП-1:

Таблиця 2.3 – Параметри вибору АВ для електроприймача

Назва параметра	Формула	Приклад вибору
Розрахунковий струм окремої лінії живлення ЕП, А	$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n}$	$I_p = \frac{18}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,6 \cdot 0,95} = 48,0$
Пусковий струм береться наближено, А	$I_p = \begin{cases} 5 \cdot I_p - \text{для АД з КЗ рот. чи СД;} \\ 2,5 \cdot I_p - \text{для АД з ФР;} \\ 3 \cdot I_p - \text{для ДПС та звар. Т - рів;} \end{cases}$	$I_{\pi} = 5 \cdot 48 = 240$
Номінальний струм розчіплювача, А	$I_{\text{н.розч}} \geq K_{\text{відс}} \cdot I_p$	$I_{\text{н.розч}} = 63 \text{ (А)} \geq 1 \cdot 48,0 = 48,0 \text{ (А)};$
Струм спрацювання відсічки, А	$I_{\text{с.в}} = K_n \cdot I_{\pi}$	$I_{\text{с.відс}} = 800 \text{ (А)} \geq 2,1 \cdot 240 = 504 \text{ (А)}$
Номінальний струм відключення, А	$I_{\text{н.ВІДК}} \geq I_{\text{К.мак}}^{(3)}$	

Використовуючи розраховані значеннями струмів, для захисту лінії яка живить ЕП-1, вибираємо автоматичний вимикач ЕВ 100/3L 63А 3р серії економ у , якого номінальний струм 63 А, номінальний струм розчіплювача 63 А та струмом спрацювання відсічки 800 А. Для інших ЕП цехової мережі ЕП знаходимо аналогічним чином

Від ТП до РП1 вибираємо переріз проводу з умови:

$$I_{\text{доп}} \geq I_M = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{32,23}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 48,97 \text{ (А)}.$$

Від ТП до РП1 вибираємо кабель АВВГ 3х25+1х16. Допустимий тривалий струм складає $I_{\text{доп}} = 102 \text{ (А)}$. Перевіряємо даний кабель за наступними умовами:

$$I_{\text{доп}} = 102 \geq I_M = 48,97 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{доп}} = 102 \geq I_{\text{н.розч}} = 100 \text{ (А)}.$$

Аналогічно вибираємо переріз решти кабелів АВВГ результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4.

Перевіримо втрати напруги на ЕП-10:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{ПІТ}} + Q_p \cdot X_{\text{ПІТ}}}{U_n} \cdot 1; \quad (2.1)$$

$$\Delta U_{\text{ТП - РП2}} = \frac{14,65 \cdot 1,54 + 9,22 \cdot 0,072}{380} 20 = 1,22 \text{ (В)},$$

$$\Delta U_{\text{РП2} - \text{ЕП10}} = \frac{12 \cdot 2,4 + 12 \cdot 1,33 \cdot 0,084}{380} 35 = 2,77 \text{ (В)},$$

$$U_{\text{ТП} - \text{ЕП10}} = 1,22 + 2,77 = 3,99 \text{ (В)}.$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП} - \text{ЕП14}} = \frac{3,99}{380} 100\% = 1,05\% - \text{дана втрата напруги є допустима.}$$

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

Згідно [4], с. 75 пусковий струм визначаємо за формулою:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{р}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{н.макс}} + I_{\text{п.макс}}; \quad (2.2)$$

де $I_{\text{н.макс}}$, $I_{\text{п.макс}}$ - номінальний і пусковий струми.

$$I_{\text{п}} = I_{\text{м}} - K_{\text{в}} \cdot I_{\text{н.макс}} + I_{\text{п.макс}} = 48,97 - 0,17 \cdot 48,0 + 239,9 = 281,2 \text{ (А)}.$$

Вибираємо автоматичний вимикач ЕВ 100/3L 100А 3р з номінальним струмом $I_{\text{ном.в}} = 100 \text{ А}$ і номінальним струмом розчеплювача $I_{\text{н.розч}} = 100 \text{ А}$ та струмом спрацювання відсічки 1500 А.

$$I_{\text{н.розч}} = 100 \geq K_{\text{відс}} I_{\text{м}} = 1 \cdot 48,97 = 48,97 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{с.в}} = 1500 \geq K_{\text{н}} \cdot I_{\text{п}} = 2,1 \cdot 281,2 = 590,5 \text{ (А)}.$$

Аналогічно вибираємо АВ та лінії живлення для інших ЕП та РП цеху а результати вибору зводимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – КЛ та АВ вибрані для цехової мережі

Найменування ЕП		І _р , А	І _п , А	Тип АВ	І _{ном} , А	І _{розч} , А	І _{св} , А	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прокл.	Ідоп, А
РП1		48,97	281,2	ЕВ 100/3L 100А 3р	100	100	1500	АВВГ	3х25+1х16	відкрито	102
РП2		32,0	118,1	ЕВ 100/3L 100А 3р	100	100	1500	АВВГ	3х25+1х16	відкрито	102
1,2	Фрезерувальний верстат	48,0	239,9	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГ	3х16+1х10	відкрито	77
3	Трубозгинальний верстат	48,0	239,9	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГ	3х16+1х10	відкрито	77
4,5	Шліфувальний верстат	30,7	153,3	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГ	3х16+1х10	відкрито	77
6,7	Токарний верстат	22,1	66,4	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГ	3х6+1х4	відкрито	44
8,9	Свердлильний верстат	16,0	48,0	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	250	АВВГ	3х6+1х4	відкрито	44
10	Обдирний верстат	32,0	96,0	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	800	АВВГ	3х16+1х10	відкрито	77

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Для перевірки та можливої заміни автоматичних вимикачів та ліній живлення проводиться розрахунок струмів які виникають в аварійних режимах під час коротких замикань та перенавантаженнях електрообладнання.

Для прикладу здійснюємо необхідні розрахунки для ліній живлення від ТП до РП-1 та від РП-1 до ЕП-10. Схема заміщення для даного розрахунку представлена на рисунку 2.2.

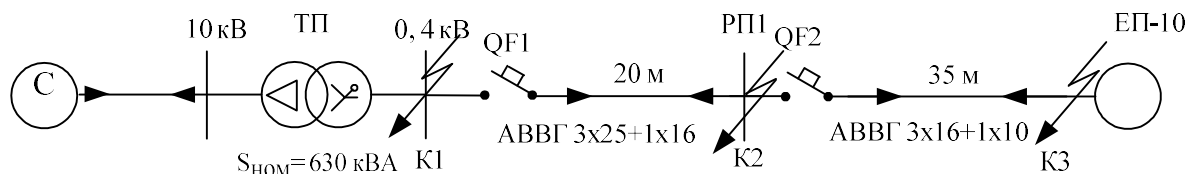


Рисунок 2.2 – Живлення ЕП-10 від ТП через РП-1

Для трансформаторної підстанції номінальний коефіцієнт трансформації буде рівний:

$$t_T = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25; \quad (2.3)$$

Опір системи без лінії живлення:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K} \cdot \frac{1}{t_T^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 0,00101 \text{ (Ом)}. \quad (2.4)$$

де С - коефіцієнт напруги;

U_n – номінальна напруга;

Активний і реактивний опір системи на напрузі 10 кВ:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 0,00101 = 0,00096 \text{ (мОм)}; \quad (2.5)$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,00096 = 0,000096 \text{ (мОм)}. \quad (2.6)$$

Опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{НОМ.Т}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{400^2}{630 \cdot 10^3} = 0,0011 \text{ (Ом)}. \quad (2.7)$$

Опори ліній Л1(С–ТП), Л2(ТП–РП-1), Л3(РП-1–ЕП-10):

$$R_{L1} = r_{\text{шт}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,405 \cdot 880 \cdot \frac{1}{25^2} = 3,584 \text{ (мОм)}; \quad (2.8)$$

$$X_{L1} = x_{\text{шт}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,064 \cdot 880 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,717 \text{ (мОм)}; \quad (2.9)$$

$$Z_{\text{Л2}} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{0,32^2 + 0,064^2} \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 32,633 \text{ (мОм)};$$

$$Z_{\text{Л3}} = \sqrt{R_o^2 + X_o^2} \cdot L = \sqrt{1,94^2 + 0,0675^2} \cdot 35 \cdot 10^{-3} = 48,53 \text{ (мОм)}.$$

Значення струму при трифазному металевому КЗ:

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (2.10)$$

де Z_{Σ} - опір елементів мережі до точки виникнення КЗ.

- для точки КЗ (ЕП-10):

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 3,624 + 32,633 + 48,53)} = 2,67 \text{ (кА)}.$$

- для точки К2 (РП-1):

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 3,624 + 32,633)} = 5,766 \text{ (кА)}.$$

- для точки К1 (ТП):

$$I_{\text{к.макс}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot (0,097 + 5,5 + 3,624)} = 26,17 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо вибрані АВ на комутаційну здатність протидії струмам КЗ:

$$I_{\text{cu}} > I_{\text{к.макс}}^{(3)}. \quad (2.11)$$

QF1: ЕВ 100/3L 100А 3р з $I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{cu}} = 36 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 26,17 \text{ (кА)}.$$

Для точки К1 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

QF2: ЕВ 100/3L 63А 3р з $I_{\text{cu}} = 16 \text{ (кА)}$.

$$I_{\text{cu}} = 16 \text{ (кА)} > I_{\text{к.макс}}^{(3)} = 5,766 \text{ (кА)}.$$

Для точки К2 умова перевірки комутаційної здатності виконується.

Проводимо розрахунок струму однофазного КЗ з урахуванням ПП:

$$I_{K2}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-n} \cdot 1}; \quad (2.12)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)}$ – опір ТП струмам однофазного КЗ;

$Z_{\phi-n}$ - опір для петлі “фаза-нуль”;

1 – довжина лінії живлення до місця виникнення КЗ.

Струм однофазного КЗ в кінці лінії живлення ТП-РП-1:

$$\begin{aligned} Z_{\Sigma}^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T} + 3 \cdot R_{\text{ПЕР}})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 0,7 + 0,7 + 3 \cdot 3,8)^2 + (2 \cdot 3,36 + 3,36)^2} = 16,84 \text{ (МОм)}; \\ I_{K2}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{16,84}{3} + 1,05 \cdot 20} = 2,03 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП7:

$$\begin{aligned} Z_T^{(1)} &= \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{0T})^2 + (2 \cdot X_T + X_{0T})^2} = \\ &= \sqrt{(2 \cdot 0,7 + 0,7)^2 + (2 \cdot 3,36 + 3,36)^2} = 10,29 \text{ (МОм)}; \\ I_{K3}^{(1)} &= \frac{220}{\frac{10,26}{3} + 1,05 \cdot 20 + 5,92 \cdot 35} = 0,858 \text{ (кА)}. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Проводимо перевірку на виконання наступної умови перевірки АВ:

$$I_{H.Розч} \leq \frac{I_K^{(1)}}{3}; \quad (2.15)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП-РП-1:

$$I_{H.Розч} = 100 \text{ (А)} \leq \frac{I_{K2}^{(1)}}{3} = \frac{2030}{3} = 677 \text{ (А)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ГРП- ЕП7:

$$I_{H.Розч} = 63 \text{ (А)} \leq \frac{I_{K3}^{(1)}}{3} = \frac{858}{3} = 286 \text{ (А)}.$$

Отже дані АВ виконують перевірку чутливості захисту.

Селективність АВ перевіряємо за наступної умови, яка враховує ступінь спрацювання захисту:

$$\begin{cases} I_{c.B1} > (1,3..1,5)I_{c.B2}; \\ t_{c.B1} = t_{c.B2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.16)$$

Дану перевірку проводимо для ліній: ТП – РП-1(вимикач 1), РП-1 - ЕП-10(вимикач 2).

$$I_{c.B1} = 1500 \text{ (A)} > (1,3..1,5)800 = 1040...1200 \text{ (A)}.$$

Карта селективності захисту.

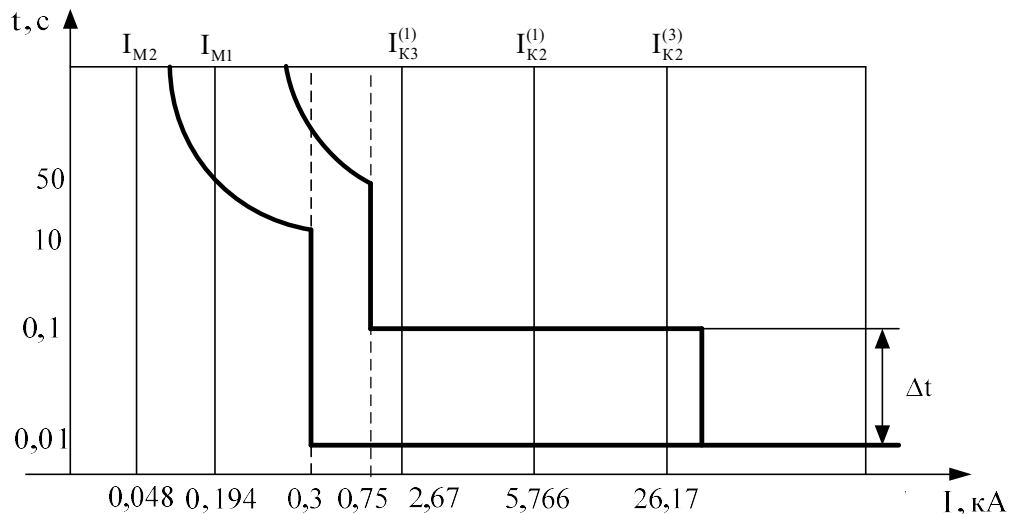


Рисунок 4.2 – Карта селективності захисту ліній ТП–РП-1–ЕП-10

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

Формули для розрахунку навантаження цехів та підприємства в цілому представлені в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Послідовність формул для розрахунку навантажень

Назва параметра	Формула	Приклад розрахунку для цеху №1 (Котельня)
Середня активна потужність силового обладнання підприємства, кВт	$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H$	$P_C = 0,55 \cdot 88 = 48,4$
Середня реактивна потужність силового обладнання підприємства, квар	$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi$	$Q_C = 48,4 \cdot 0,88 = 42,7$
Розрахункова активна потужність електричного освітлення, кВт	$P_O = P_{\text{Пит.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F$	$P_O = 0,016 \cdot 0,7 \cdot 1,35 \cdot 504 = 7,6$

Продовження таблиці 2.6

Розрахункова реактивна потужність електричного освітлення, квар	$Q_o = P_o \cdot \operatorname{tg}\phi_o$	$Q_o = 7,6 \cdot 0,43 = 3,3$
Питома густина освітлювального навантаження	$P_{\text{пит.о}} = 0,011 \div 0,022$	$P_{\text{пит.о}} = 0,016$
Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження	$K_{\text{по}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases}$	
Коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі	$K_{\text{пра}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ;} \\ 1,2 - \text{люмінесцентні - стартерні;} \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні - безстартерні.} \end{cases}$	
Розрахункова активна потужність, кВт	$P_p = P_c + P_o$	$P_p = 48,4 + 7,6 = 56,0$
Розрахункова реактивна потужність, квар	$Q_p = Q_c + Q_o$	$Q_p = 42,7 + 3,3 = 46,0$
Розрахункова максимальна активна потужність усієї мережі, кВт	$P_{p\Sigma} = K_o \left(\sum_{i=1}^N P_{pi} + P_{\text{плі}} + P_{p3} \right) + P_{o\Sigma}$	
Розрахункова максимальна реактивна потужність усієї мережі, квар	$Q_{p\Sigma} = K_o \left(\sum_{i=1}^N Q_{pi} + Q_{\text{плі}} + Q_{p3} \right)$	
Сумарне навантаження підприємства, кВА	$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2}$	$S_{p\Sigma} = \sqrt{56^2 + 46^2} = 72,5$

Використовуючи формули в таблиці 2.6 здійснюємо розрахунок навантажень підприємства за допомогою Excel, а результати зводимо у таблицю 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження					Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження			
		$P_{\text{н}}, \text{кВт}$	$K_{\text{п}}$	$\cos\phi$	$\operatorname{tg}\phi$	$P_c, \text{кВт}$	$Q_c, \text{квар}$	$F, \text{м}^2$	$P_{\text{пит.о}}, \text{Вт/м}^2$	$K_{\text{по}}$	$K_{\text{пра}}$	$P_o, \text{кВт}$	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$
1	Котельня	88	0,55	0,75	0,88	48,4	42,7	504	0,016	0,7	1,35	7,6	56,0	46,0	72,5
2	Виробничий корпус №1	210	0,4	0,65	1,17	84,0	98,2	3645	0,016	0,8	1,35	59,0	143,0	123,6	189,0
3	Механічний цех №1	119	0,4	0,7	1,02	47,6	48,6	2268	0,016	0,8	2,35	64,0	111,6	76,1	135,0
4	Адмінбудівля	65	0,45	0,75	0,88	29,3	25,8	1521	0,016	0,8	1,35	24,6	53,9	36,4	65,0
5	Механічний цех №2	295	0,4	0,65	1,17	118,0	138,0	2496	0,016	0,5	1,35	27,0	145,0	149,5	208,3
6	Виробничий корпус №2	375	0,35	0,7	1,02	131,3	133,9	4131	0,016	0,5	1,35	44,6	175,9	153,1	233,2
7	Складське приміщення	55	0,35	0,7	1,02	19,3	19,6	1035	0,016	0,4	1,35	8,9	28,2	23,5	36,7
	Всього по підприємству	1088				553,29	599,2	15600				230,91	756,53	663,59	1006,33

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

Для визначення оптимальної напруги живлення з урахуванням параметрів підприємства, таких як необхідна потужність і відстань до підстанції, слід використовувати наступне співвідношення [12]:

$$U_{\text{ек}} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot P_p}, \quad (2.17)$$

Дане співвідношення можна використовувати для тих підприємств параметри, яких належать таким обмеженням, а саме відстань прокладено траси до живлячої підстанції не більше 250 км, а активне навантаження не більше 60 МВт [12].

Оптимальна напруга живлення:

$$U_{\text{ек}} = 4,34 \sqrt{0,88 + 16 \cdot 0,756} = 15,64 \text{ (кВ)}.$$

По нижньому значенню потрібно обрати напругу лінії живлення рівною 10 кВ від підстанції яка знаходиться на відстані 0,88 км та по вищому значенню 35 кВ від ПС довжиною лінії 3,6 км. Вибір найкращого варіанту вимагає врахування витрат, пов'язаних з капітальними інвестиціями, технічним обслуговуванням, втратами та додатковими витратами, пов'язаними з цим варіантом..

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

Для цього розрахунку необхідно підібрати обладнання, що, в свою чергу, вимагає вибору перерізу ліній електропередач в обох класах напруги. Цей вибір здійснюється за значенням допустимого струму лінії, для чого визначається значення розрахункового струму ліній електропередач відносно розрахункового навантаження та класу напруги за наступними формулами:

$$I_p = \frac{S_p / 2}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} \text{ (A)}, \quad (2.18)$$

$$I_{p35} = \frac{1006,33 / 2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 8,3 \text{ (A)},$$

$$I_{p10} = \frac{1006,33 / 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 29,05 \text{ (A)}.$$

Для КЛ на напрузі 10 кВ приймаємо кабель типу АПвЭгаПу-10 3×35 так, як величина даного перерізу є мінімально можливою для даного класу напруги [16], при прокладанні у землі величина допустимого струму $119 \text{ A} > 29,05 \text{ A}$.

Для КЛ 35 кВ приймаємо типу АПвЭгаПу-35 3х50 35 так, як величина даного перерізу є мінімально можливою для даного класу напруги, при прокладанні у землі величина допустимого струму $140 \text{ A} > 8,3 \text{ A}$.

На рисунку 2.3 представлено вигляд та опис конструкції КЛ 10 та 35 кВ.

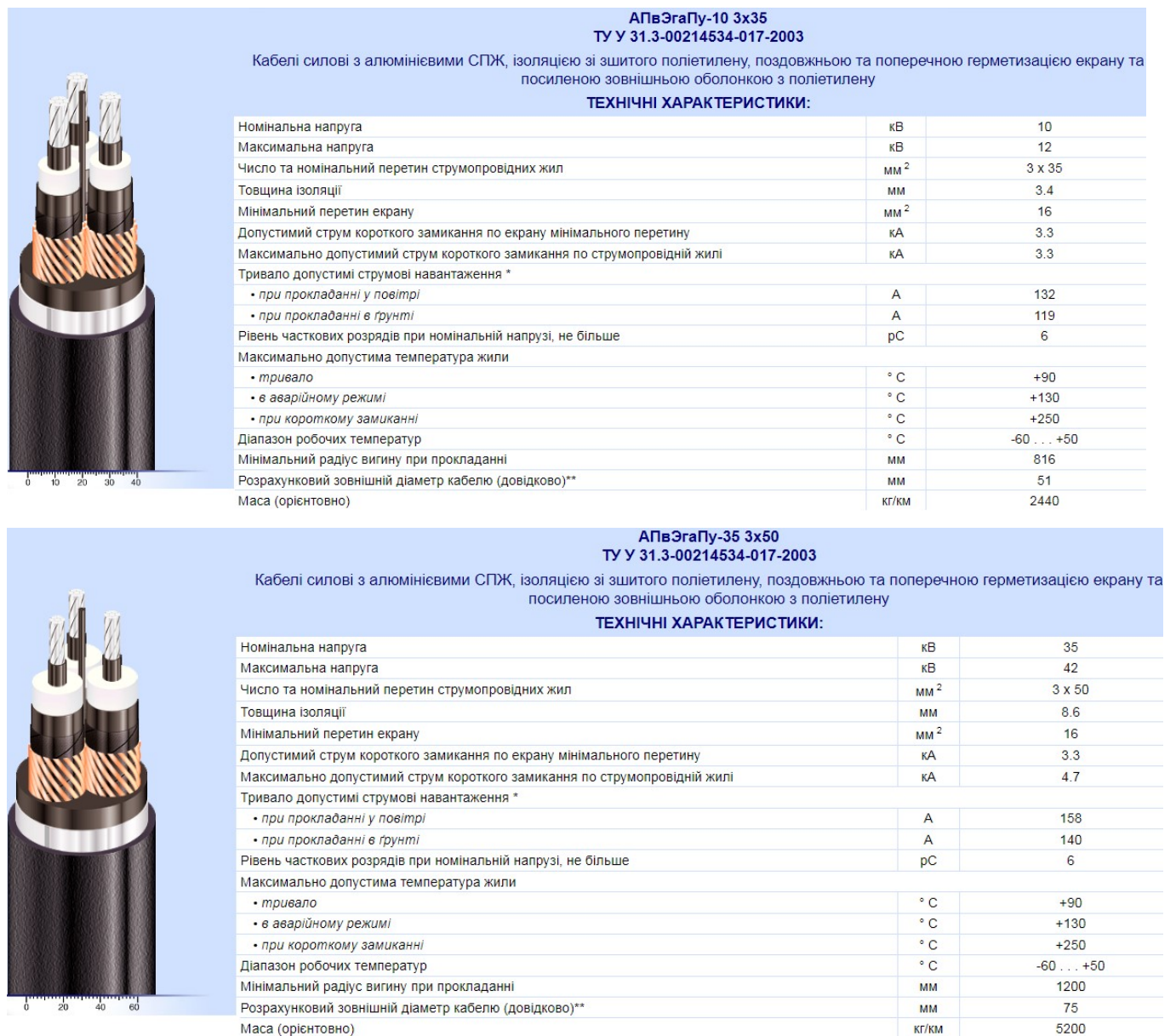


Рисунок 2.3 – Конструкція і характеристики попередньо обраних кабелів

Розрахунок капітальних вкладень представлено у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Розрахунок капітальних вкладень для обох варіантів

Перелік елементів схем	Вартість	10 кВ		35 кВ	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії електропередавання, км	тис.грн. за 1 км КЛ	км	тис.грн.	км	тис.грн.
КЛ 10 кВ АПвЭгаПу 3×35	419,00	1,76	737,44		
КЛ 35 кВ АПвЭгаПу 3×50	592,20			7,2	4263,82
ВСЬОГО по лініях			737,44		4263,82
Підстанції	тис.грн. за одиницю ПС.	штук	тис.грн.	штук	тис.грн.
Спорудження ПС 35 кВ 630 кВ*А	462			2	924
Розширення РП-10 кВ	12,7	2	25,4		
Спорудження РП-10 кВ	86,4	1	86,4		
ВСЬОГО по ПС			111,8		924
ВСЬОГО			849,24		5187,82

Для визначення об'єму втрат активної енергії в лінії електропередачі необхідно використати наступну формулу, яка враховує параметри живлення:

$$\Delta W_a = \Delta P_m \cdot \tau = 3I_m^2 R_e \cdot 10^{-3} \cdot \tau \text{ (кВт·год/рік);} \quad (2.19)$$

Величина втрат відносно класу напруги складатиме в грошовому вираженні:

$$C_{\Delta W_{10}} = 2 \cdot 3 \cdot 42,71^2 \cdot 0,868 \cdot 0,88 \cdot 10^{-6} \cdot 1968,16 \cdot 6,649 = 25,31 \text{ (тис.грн./рік),}$$

$$C_{\Delta W_{35}} = 2 \cdot 3 \cdot 12,2^2 \cdot 0,641 \cdot 3,6 \cdot 10^{-6} \cdot 1968,16 \cdot 5,195 = 1,19 \text{ (тис.грн./рік).}$$

Для подальшого розрахунку визначаємо річні витрати відповідно варіанту класу напруги, які складають відповідний відсоток від капіталовкладень в СЕП.

Таблиця 2.9 – Витрати протягом року обох варіантів

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	10 кВ	35 кВ
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 1,2% від К		51,17
ПЛ 10 кВ, 3,8% від К	17,70	
ПС 35 кВ, 2,4% від К		22,18
ПС 10 кВ, 4,3% від К	36,52	
Всього щорічні витрати на обслуговування, ВО тис.грн.	54,22	73,34
Амортизація, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 2% від К		85,28
ПЛ 10 кВ, 3% від К	14,75	
ПС 35 кВ, 3,6% від К		186,76
ПС 10 кВ, 3,6% від К	30,57	
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва тис.грн.	45,32	272,04
Тариф на ЕЕ, грн./кВт*год	6,649	5,195
Вартість втрат електроенергії в ЛЕП, ВΔW тис.грн.	25,31	1,19
ВСЬОГО щорічні витрати (В) тис.грн.	124,84	346,57

Загальні зведені річні витрати розраховуються за наступним співвідношенням:

$$З = E_H \cdot K + B; \quad (2.20)$$

Враховуємо різницю на оплату спожитої активної за різними класами напруг [15] ($6,649 - 5,195 = 1,454$ грн./кВт·год.) звідси визначаємо загальну переплату за спожиту електроенергію: $1,454 \cdot 756,53 \cdot 3500 = 3849,98$ тис.грн./рік. Зведені річні витрати знаходимо за формулою (2.20) відповідно даним отриманим для кожного класу напруг:

$$З_{10} = 0,1 \cdot 849,24 + 124,84 + 3849,98 = 4059,75 \text{ (тис.грн.)},$$

$$З_{110} = 0,1 \cdot 5187,82 + 346,57 = 565,35 \text{ (тис.грн.)},$$

Враховуючи вартість необхідних капітальних інвестицій та щорічні витрати, період окупності додаткових капітальних інвестицій складе:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{5187,82 + 849,24}{(124,84 + 3848,98) - 346,35} = 2,2 \text{ (років)}. \quad (2.21)$$

Розрахунок вказує на те, що використання напруги 35 кВ є вигіднішим варіантом виконання живлячої лінії. Але беручи до уваги специфіку підстанції 35 кВ, на яку припадає велика кількість навантаження, що буде призводити до того що підприємство не завжди зможе отримувати живлення в необхідному об'ємі, а також беручи до уваги те, що біля підприємства розташовані діючі підстанції на напрузі 10 кВ, до яких можна підключити СЕП, тому приходимо до рішення, що живлення ТОВ «Ятек-Україна» буде виконано на напрузі 10 кВ лінією довжиною 880 м.

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

Значення густини питомого навантаження на 1 м^2 площі цеху [10]:

$$S_{пит} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad (2.22)$$

Повна розрахункова потужність всіх цехів підприємства:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{Pi} = 1006,33 \text{ (кВА)}.$$

Сумарна площа всіх цехів підприємства:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 15600 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Значення питомої густини навантаження підприємства на 1м^2 площі цехів:

$$S_{\text{пит}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{1006,33}{15600} = 0,06 \text{ (кВ}\cdot\text{А/м}^2\text{)}.$$

Для даної густини доцільно обрати трансформаторні підстанції з номінальною потужністю $S_{\text{ном.т.}} = 630$. Враховуючи, що підприємство належить до споживачів III категорії з надійності електропостачання, тоді число ТП буде складати:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{1006,33}{630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,9 \div 1,99 \text{ (шт.)};$$

Отже, щоб задовольнити виробничі потужності підприємства необхідно в СЕП використати дві трансформаторні підстанції з потужністю 630 кВА [17].

Дані про фактичний коефіцієнт завантаження приведені в таблиці 2.10.

Робота ЦТП промислових підприємств характеризується виникненням втрат, для яких закономірним є виростання величини в період неробочого навантаження ЦТП, за рахунок збільшення втрат пов'язаних з холостим ходом [13], а також зниження корисного навантаження за рахунок збільшення споживання реактивної енергії в обмотках трансформатора.

Таблиця 2.10 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Рр, кВт	Qр, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Kз, в.о.
ТП1	1	Котельня	56,02	45,96	72,46			
	2	Виробничий корпус №1	143,05	123,60	189,05			
	3	Механічний цех №1	159,88	156,84	223,97			
	7	Складське приміщення	28,19	23,48	36,69			
		Всього по ТП1	383,73	348,41	518,31	630	1	0,82
ТП2	4	Адмінбудівля	53,89	36,39	65,03			
	5	Механічний цех №2	144,96	149,55	208,27			
	6	Виробничий корпус №2	175,86	153,09	233,16			
		Всього по ТП2	400,47	350,10	531,93	630	1	0,84

Інформація про розподіл навантаження між ТП підприємства а також дані про завантаження трансформаторів наведено в таблиці 2.10. Розподіл навантаження доцільно виконати таким способом, щоб зменшити перетоки потужностей, що призведе до зменшення втрат в лініях живлення. Чим нижчий клас напруги і чим довші лінії живлення тим виникають більші втрати електроенергії. Тому доцільно розподілити навантаження між ТП , щоб мінімізувати довжину ліній 0,4 кВ.

Місце розташування цехових ТП можна визначити за наступними формулами:

$$X_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}, \quad Y_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}; \quad (2.24)$$

Дані для даного розрахунку беремо з таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	ТП	Рр, кВт	X, м	Y, м	Рр*X, кВт*м	Рр*Y, кВт*м
1	Котельня	1	56,02	58	80	3249,19	4481,64
2	Виробничий корпус №1	1	143,05	91	101	13017,46	14447,95
3	Механічний цех №1	1	111,56	88	29	9817,07	3235,17
2	Адмінбудівля	2	53,89	93	193	4725,35	9806,36
5	Механічний цех №2	2	144,96	179	214	21127,31	25258,35
6	Виробничий корпус №2	2	175,86	183	110	42388,89	25479,66
7	Складське приміщення	1	28,19	173	37	4683,91	1001,76
			ΣРр, кВт	ΣРр*X/ΣРр	ΣРр*Y/ΣРр	ΣРр*X, кВт*м	ΣРр*Y, кВт*м
	Сумарно по ТП1		383,73	90,74	63,85	34818,05	24501,32
	Сумарно по ТП2		400,47	170,40	151,18	68241,55	60544,37

Вибір оптимальних координат розміщення ТП відносно розрахованих показано у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Координати оптимального розміщення ТП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	X, м	Y, м	X, м	Y, м
ТП-1	90,74	63,85	65	65
ТП-2	170,40	151,18	154	146

Будуємо картограму навантажень на генплані підприємства. Радіус кола пропорційно навантаженню цеху буде визначатися за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.25)$$

Величина сектору, яке характеризує освітлювальне навантаження цеху:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.26)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°,	d, м
1	Котельня	58	80	56,02	7,62	9,44	49,0	18,89
2	Виробничий корпус №1	91	101	143,05	59,05	15,09	148,6	30,19
3	Механічний цех	88	29	111,56	63,96	13,33	176,4	26,66
4	Адмінбудівля	93	193	53,89	24,64	9,26	164,6	18,53
5	Механічний цех	179	214	144,96	26,96	15,19	66,9	30,39
6	Виробничий корпус №2	183	110	175,86	44,61	16,73	91,3	33,47
7	Складське приміщення	173	37	28,19	8,94	6,70	114,2	13,40

На рисунку 2.4 представлено Генплан підприємства з силовими мережами.

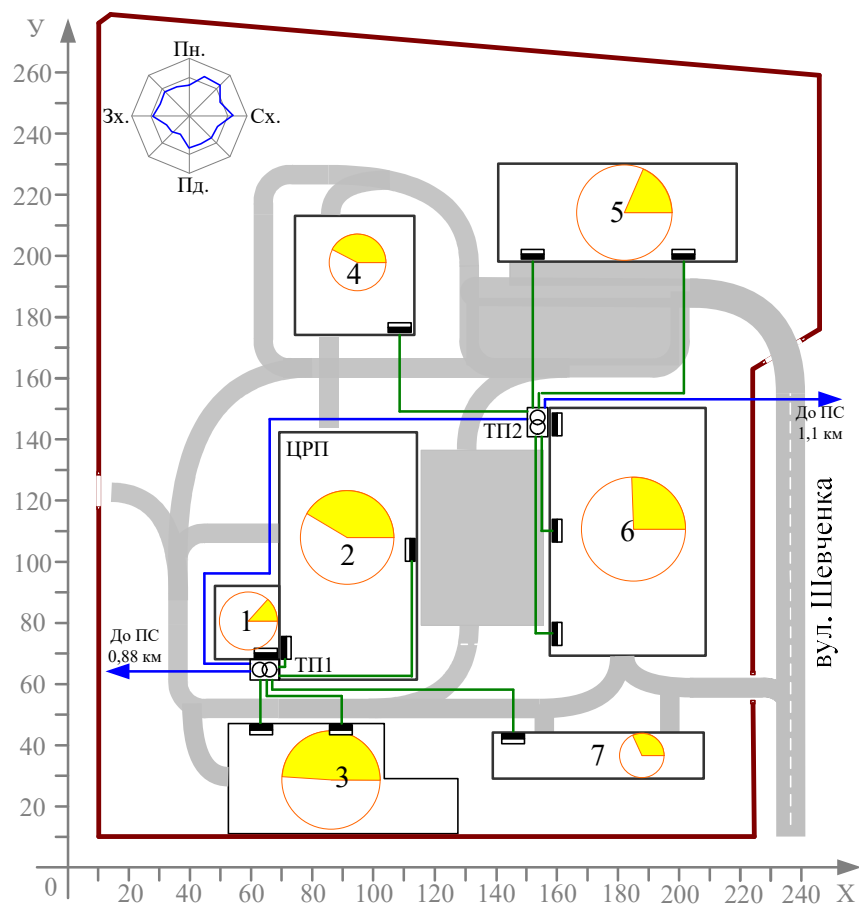


Рисунок 2.4 – Генеральний план підприємства

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Все електрообладнання підбирається відповідно до характеру установки, за номінальним струмом і напругою, і відповідно до всіх встановлених стандартів використання електрообладнання необхідно провести теплові і динамічні випробування високовольтних апаратів.

Високовольтні силові вимикачі вибираються за величинами номінальної напруги і розрахунковим струмом в після аварійному режимі.

$$U_{\text{НОМ.В}} \geq U_{\text{НОМ.мережі}}, \quad (1.7)$$

$$I_{\text{НОМ.В}} \geq I_{\text{max}}, \quad (1.8)$$

I_{max} для нормального та післяаварійного режиму роботи:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1006,33}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 29,05 \text{ (A)};$$

$$I_{pa} = \frac{S_p \cdot k_{\text{н.па}}}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1006,33}{\sqrt{3} \cdot 10} = 58,1 \text{ (A)};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,4 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1,4 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,9 \text{ (A)}.$$

Доцільно для захисту ліній 10 кВ використати вакуумні силові вимикачі типу ВРС-10-20/630 [18]. Номінальний струм, для яких рівний $I_{\text{НОМ.В}} = 630 \text{ A} > I_{\text{м.ав}} = 58,1 \text{ A}$, що більше максимального струму для даного вузла навантаження.

Для реалізації лінії живлення заводу раніше у роботі було обрано броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭгаПу-10 3х35 [16] прокладені в траншеї.

Перевірка допустимого нагрівання з урахуваннях умов прокладки [12]:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.29)$$

де $k_1 - k_6$ - коефіцієнти, що характеризують умови прокладання кабелю [12];

$$58,1 (A) \leq 1,0 \cdot 0,98 \cdot 0,89 \cdot 0,69 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 119 = 70,2 (A).$$

Дана умова перевірки за допустимим нагрівом виконується.

У таблиці 2.14 представлена інформація про типи вимикачів і ліній електропередачі в залежності від типу підключення.

Таблиця 2.14 – Захисні апарати та лінії живлення СЕП

Лінія	Sp, кВА	Ip, А	Вимикач	Іном, А	Провідник	S, мм ²	Ідоп, А
ПС-ТП-1	518,31	58,1	ВРС-10	630	АПвЭгаПу-10	3х35	119
ПС-ТП-2	531,93	58,1	ВРС-10	630	АПвЭгаПу-10	3х35	119
ТП-1–ТП-2	1006,33	58,1	ВРС-10	630	АПвЭгаПу-10	3х35	119
ТП-1–ГРП цеху №1	72,46	104,6	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-1–РП-1 цеху №2	94,5	136,4	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-1–РП-2 цеху №2	94,5	136,4	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-1–РП-1 цеху №3		48,97	ЕВ 100/3L 100А 3р	100	АВВГ	3х25+1х16	102
ТП-1–РП-2 цеху №3		32,0	ЕВ 100/3L 100А 3р	100	АВВГ	3х25+1х16	102
ТП-1–ГРП цеху №7	36,69	52,9	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	АВВГ	3х16+1х10	77
ТП-2–ГРП цеху №4	65,03	93,8	ЕВ 100/3L 100А 3р	100	АВВГ	3х35+1х16	123
ТП-2–РП-1 цеху №5	104,1	150,2	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-2–РП-2 цеху №5	104,1	150,2	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-2–РП-1 цеху №6	77,7	112,1	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-2–РП-1 цеху №6	77,7	112,1	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244
ТП-2–РП-1 цеху №6	77,7	112,1	ЕВ2 250/3L 200А 3р	200	АВВГ	3х120+1х70	244

Схема підприємства показана на рисунку 2.7.

Схема мережі виконана від двох джерел живлення, що дозволяє продовжувати живлення підприємства у випадку коли одна із живлячих ліній вийде з ладу, або у випадку коли на одній із підстанцій буде не достатня кількість об'єму потужності підприємство зможе отримувати потрібну електроенергію із іншої підстанції без прогіршення балансу потужності мережі.

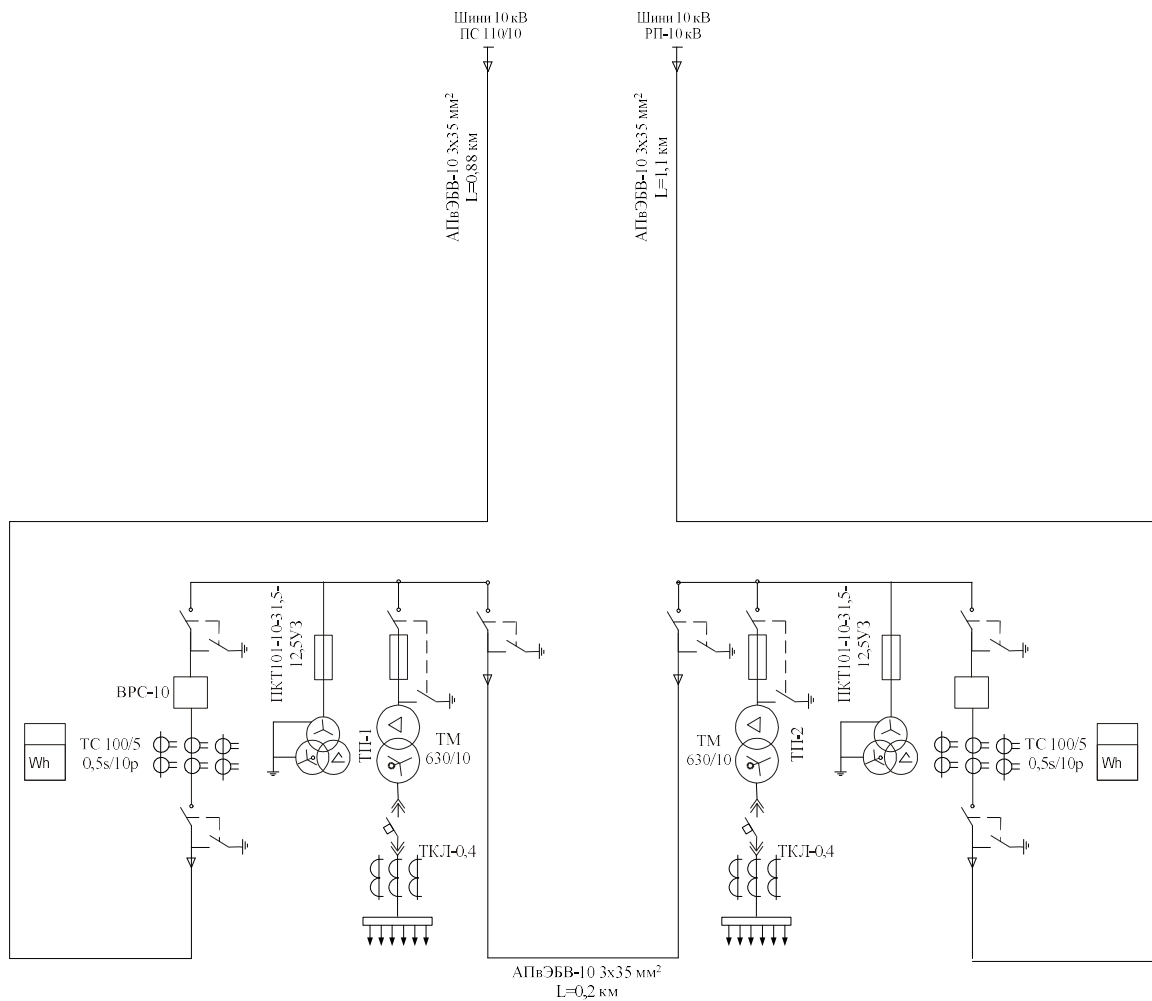


Рисунок 2.7 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Щоб провести необхідну перевірку раніше обраних силових високовольтних вимикачів та обраних ліній живлення проводимо розрахунок струмів КЗ [9]. Розрахункова схема даного розрахунку представлена на рисунку 2.8.

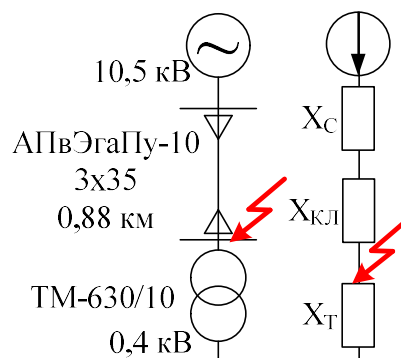


Рисунок 2.8 – Розрахункова та заступна схеми

Формули та результати розрахунку струмів КЗ приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Формули для розрахунку струмів КЗ

Назва параметра	Формула	Розрахунок
Опір системи, Ом	$X_c = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot I_K}$	$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 27130} = 0,223$
Опір лінії живлення, Ом	$X_{л} = X_0 l \left(\frac{U_{с.н.}}{U_{с.н.л}} \right)^2$	$X_{л} = 0,868 \cdot 0,88 \cdot \left(\frac{10,5}{10} \right)^2 = 0,842$
Сумарний опір від системи до точки К, Ом	$X_{\Sigma} = X_c + X_{л}$	$X_{\Sigma} = 0,223 + 0,842 = 1,066$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{п0} = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}}$	$I_{п0} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 1,066} = 5,69$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ac} = \frac{X_{\Sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}}$	$T_{ac} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Час вимкнення КЗ, с	$t_{вим} = t_{рз.мін} + t_{в.в.}$	$t_{вим} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Аперіодична складова струму КЗ	$i_{ат.с} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-t_{вим}}{T_{ac}}}$	$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 5,69 \cdot e^{\frac{-0,6}{0,032}} = 1,09$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-t}{T_{ac}}} \right)$	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 5,69 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,032}} \right) = 13,8$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_K = I_{ПО}^2 \cdot (t_{від} + T_{ac})$	$B_K = 5,69^2 \cdot (0,6 + 0,032) = 20,4$

Здійснюємо усі необхідні перевірки згідно [9] обраних вимикачі типу ВРС-10 на можливість протидіяти струмам КЗ, а результати даної перевірки показано в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Формули для перевірки обраного типу вимикачів

Умова вибору	Номінальні параметри	Розрахункові параметри
$I_{ном.від} = I_{Пт.}$	$I_{ном.від} = 40 \text{ кА}$	$I_{Пт} = I_{Птс} = 5,69 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{ном.від} \cdot \left(1 + \frac{\beta_H}{100} \right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{Пт} + i_{ат}$	$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{21}{100} \right) = 68,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 5,69 + 1,066 = 9,11$
$i_{дин} \geq i_{уд}$	$i_{дин} = 128 \text{ кА}$	$i_{уд.с} = 13,8 \text{ кА}$
$I_{дин} \geq I_{ПО}$	$I_{дин} = 40 \text{ кА}$	$I_{ПО} = 5,69 \text{ кА}$
$I_T^2 \cdot t_T \geq B_K$	$I_T^2 \cdot t_T = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot с$	$B_K = 20,4 \text{ кА}^2 \cdot с$

Отже необхідні умови перевірки силових вимикачів виконуються.

Переріз КЛ за термічною стійкістю до дії струмів КЗ [10]:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_{\kappa} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_T}; \quad (2.30)$$

$$s = 50 \text{ (мм}^2\text{)} \geq s_{\min} = \frac{5,69 \sqrt{0,6}}{94} = 46,9 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Отже, обрані кабельні лінії задовольняють умовам термічної стійкості до дії струму КЗ.

Висновки. Аналіз системи електропостачання підприємства ТОВ «Ятек-Україна» показав що для оптимізації процесу електроспоживання доцільно виконати наступні проектні рішення:

- кількість трансформаторних підстанцій для оптимального електропостачання повинна бути рівна двом, а потужність та тип трансформаторів ТМ 630/10;
- для живлення ТП оптимальним рішенням буде використання кабелів типу АПвЭБВ-10 з перерізом ліній 3х35 мм²;
- також в даному розділі був проведений аналіз та вибір типу засобів захисту електрообладнання в аварійних режимах роботи.

Отже в цілому для підприємства було розроблено систему електропостачання яка відповідає діючим нормам та, яка являється оптимальною за своїми економічними показниками.

Для підприємства характерне низька якість електричної енергії, а саме показників відхилення напруги та частоти, із за впливу енергосистеми (особливо в години максимального навантаження) в якій знаходиться підприємство.

В мережі підприємства окрім явища відхилень напруги присутні інші не нормовані показники якості електричної енергії, тому для покращення якості електроенергії в мережі підприємства необхідно використати комплексний підхід до вирішення проблеми.

Тому для даного підприємства актуальним є питаєся автоматичного регулювання напруги в СЕП.

3 АВТОМАТИЧНЕ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Аналіз та характеристики пунктів автоматичного регулювання напруги

Пункт автоматично регулювання напруги (ПАРН) – пристрій призначений для регулювання напруги електричних мереж, з будь-яким способом заземлення нейтралі, трифазного змінного струму частотою 50 Гц з номінальною напругою 6 або 10 кВ та номінальним струмом до 600 А [21].

ПАРН необхідно використовувати при реконструкції або будівництві нових електричних мереж, щоб досягти збільшення пропускної здатності ліній 6-10 кВ. Зокрема ПАРН доцільно використовувати в існуючих лініях, які не відпрацювали свій нормативний термін, але не забезпечують нормовані рівні напруги споживачів. При цьому установка ПАРН дозволяє суттєво збільшити пропускну здатність ЛЕП і покращити показники якості електроенергії [24].

ПАРН здатні виконувати наступні функції:

- збільшення пропускної здатності існуючих ліній для підключення нових споживачів;
- передача електроенергії по лініях 6 і 10 кВ на великі відстані;
- забезпечення нормованих показників якості електроенергії (забезпечення необхідного рівня напруги по всій довжині ліній та зменшення несиметрії напруг в лініях;
- автоматично підвищувати або понижувати рівні напруги на лініях електропередач в критичних рівнях падіння або підйому напруги;
- автоматично підтримувати нормовані рівні напруги в заданих межах при прямому та зворотному напрямку потоку потужності;

ПАРН необхідно використовувати в регіонах для яких характерний помірний клімат протягом року, при верхньому робочому значенні температури навколишнього середовища + 55°C і при нижньому робочому значенні температури навколишнього середовища - 45°C [22].

Функціональна схема ПАРН зображена на рисунку 3.1. На схемі: 1 – ВДТ з вторинною 2 та первинною 3 обмотками; 4, 26 – перший та другий тиристорні ключі; 6, 14 – перший та другий синхронізуючі трансформатори; 7, 16, 24, 25 – тиристори; 8, 17 – захисні діоди; 10, 19 – захисні резистори; 12, 21 – обмежуючі діоди; 15, 23 – струмообмежуючі резистори; 27 – блок управління; 28 – первинна обмотка 2 СТ. В моментах коли значення напруги відхиляються від заданої ключ 4 у відкритому положенні, а ключ 26 в закритому, при цьому прикладається вхідна напруга до первинної обмотки ВДТ 1, що забезпечує зменшення перенапруги, якщо напруга стане меншою заданої, то тиристорний ключ 4 переходить в закритий стан, а первинна обмотка ВДТ 3 шунтується за допомогою ключа 26, керування яким здійснюється від блока керування 27.

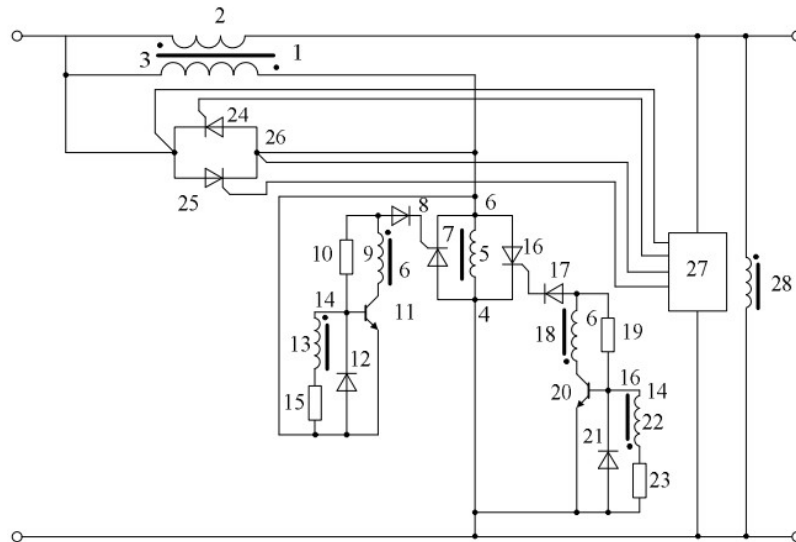


Рисунок 3.1 – Функціональна схема ПАРН

ПАРН складається з [22]:

- вольтододаткових трансформаторів (силових модулів). У складі ПАРН може бути два або три ВДТ рисунок 3.2;
- низьковольтних шаф контролю і управління на базі мікропроцесорних пристроїв;
- з'єднувальних кабелів;
- обмежувачів перенапруг нелінійних (ОПН);
- роз'єднувачів;

- монтажного комплексу для установки елементів ПАРН;
- програмного забезпечення.

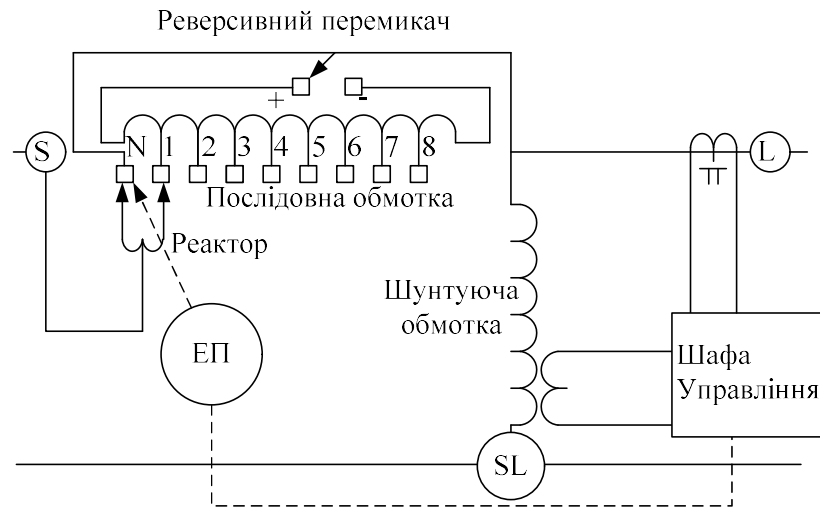


Рисунок 3.2 – Функціональна схема регулятора ВДТ

На рисунку 3.2 літерою S позначається високовольтний ввід з боку джерела (Sourcebushing), літерою L високовольтний ввід з боку навантаження (Loadbushing); буквами SL високовольтний ввід загальної точки (Source-loadbushing).

ВДТ виконані на базі однофазного масляного автотрансформатора зовнішньої установки, що має загальну і послідовну обмотки. Послідовна обмотка має 32 ступені для регулювання вихідної напруги в діапазоні $\pm 10\%$. Регулювання здійснюється під навантаженням за допомогою перемикача ступенів. ВДТ оснащений вбудованими вимірювальними трансформаторами струму і напруги.

Управління перемикачем ступенів здійснюється від мікропроцесорного пристрою контролю і управління.

Роз'єднувачі використовуються для здійснення безперервності електропостачання при проведенні ремонтних або профілактичних робіт з елементами ПАРН, а також забезпечують видимий розрив для виконання безпечних методів роботи персоналом [21].

ОПН використовуються для захисту обмоток ПАРН від грозових і комутаційних перенапруг.

ПАРН з номінальним струмом до 200 А включно можуть бути встановлені на опори ЛЕП.

ПАРН з номінальним струмом 300 А і вище необхідно встановлювати на постамент або фундамент. Також можлива установка ПАРН всіх номіналів в блок-боксі повної заводської готовності.

3.2 Використання ПАРН в системі електропостачання ТОВ «ЯТЕК-УКРАЇНА»

Для усунення відхилення напруги в даному розділі дипломної роботи запропоновано використання ПАРН типу ВДТ/VR32 в системі електропостачання ТОВ «ЯТЕК-УКРАЇНА».

Проблема вибору коефіцієнта трансформації (k_t) ВДТ складається в правильному обліку значення потужності навантаження споживача, яке варіюється при зміні напруги. Якщо навантаження представлене постійними опорами ($r_n, x_n = \text{const}$) то розрахунки представляються наступним чином:

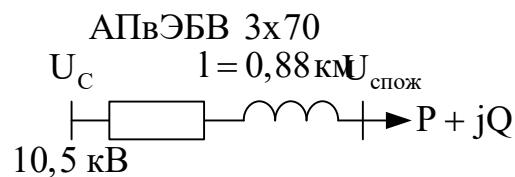


Рисунок 3.3 – Схема заміщення СЕП

Визначимо потужність, при якій виконується умова $U_{\text{спож}} = 0,9 \cdot U_{\text{ном}}$:

$$P_n = \frac{U_{\text{спож}}(U_C - U_{\text{спож}})}{(r_0 + x_0 \cdot \text{tg}\varphi)l}, \quad (3.1)$$

де U_C - напруга системи ($U_C = 10,5 \text{ кВ}$);

$U_{\text{спож}}$ - напруга в точці споживання ($U_{\text{спож}} = 9,0 \text{ кВ}$);

$\text{tg}\varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності;

r_0, x_0 - віддалені активний та реактивний опір кабеля АПВЭБВ;

l - довжина лінії.

Виконаємо перерахунок споживаної потужності за умови, що напруга у споживача 10 кВ, а опір навантаження не змінився.

$$\begin{cases} P_K = \frac{U_{\text{спож}}^2}{r_H}, \\ Q_K = \frac{U_{\text{спож}}^2}{x_H}, \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\begin{cases} \Delta P = \frac{P_K^2 + Q_K^2}{U_{\text{спож}}^2} r_0 \cdot l, \\ \Delta Q = \frac{P_K^2 + Q_K^2}{U_{\text{спож}}^2} x_0 \cdot l, \end{cases} \quad (3.3)$$

$$\begin{cases} P_H = P_K + \Delta P, \\ Q_H = Q_K + \Delta Q, \end{cases} \quad (3.4)$$

Визначивши після перерахунку нові потужності, розраховуємо падіння напруги і k_T , необхідний регулятору напруги для збільшення напруги за допомогою ВДТ до значення 10 кВ:

$$U_{\text{спож}} = U_C - \frac{(P_H \cdot r_0 + Q_H \cdot x_0) \cdot l}{U_C} 0,001 \quad (3.5)$$

Рівень напруги на вході та виході ВДТ за умови, що напруга у споживача 10 кВ, а опір навантаження не змінився. На рисунку 3.3 приведена діаграма, побудована за результатами розрахунків для $\text{tg } \varphi = 0,4$.

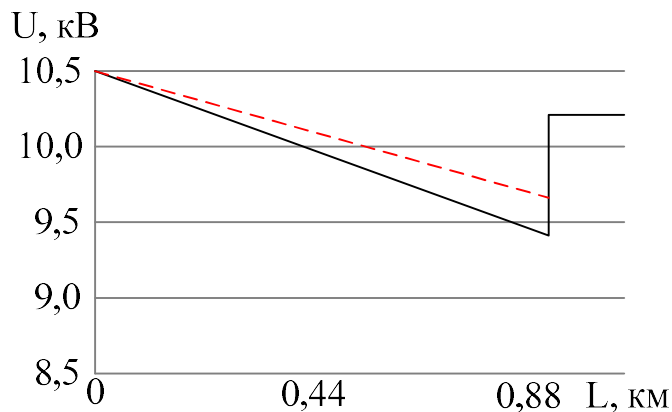


Рисунок 3.4 – Зміна напруги при $\text{tg}\varphi=0,4$

З рисунка 3.12 видно, що при підвищенні напруги на шинах споживача при постійному опорі його навантаження збільшується падіння напруги: це говорить про необхідність збільшення k_T з 1,1 до 1,16.

Як видно з отриманих результатів, при виборі коефіцієнта трансформації ВДТ повинен бути врахований характер залежності потужності навантаження від його напруги. Так коефіцієнт трансформації, розрахований за умови сталості потужності при зміні напруги навантаження, вийде дещо заниженим, що не забезпечує необхідного рівня напруги в дійсності (оскільки величина потужності навантаження варіюється при його зміні). З іншого боку, розрахунок коефіцієнта трансформації ВДТ зміні напруги живлення призведе до вибору завищеного коефіцієнта трансформації. Дана обставина відбивається як на кількості ВДТ, які встановлюються в одному вузлі (два або три), так і на кількості встановлюваних вузлів в лінії. При цьому другий варіант дозволяє врахувати дійсну залежність опору навантаження від напруги, що забезпечує правильний вибір коефіцієнта трансформації та кількості ВДТ.

3.3 Розробка цифрової моделі ПАРН в MATLAB Simulink

Схема системи управління ВДТ трансформаторної підстанції для автоматичної стабілізації напруги наведена на рисунку 3.4 [23].

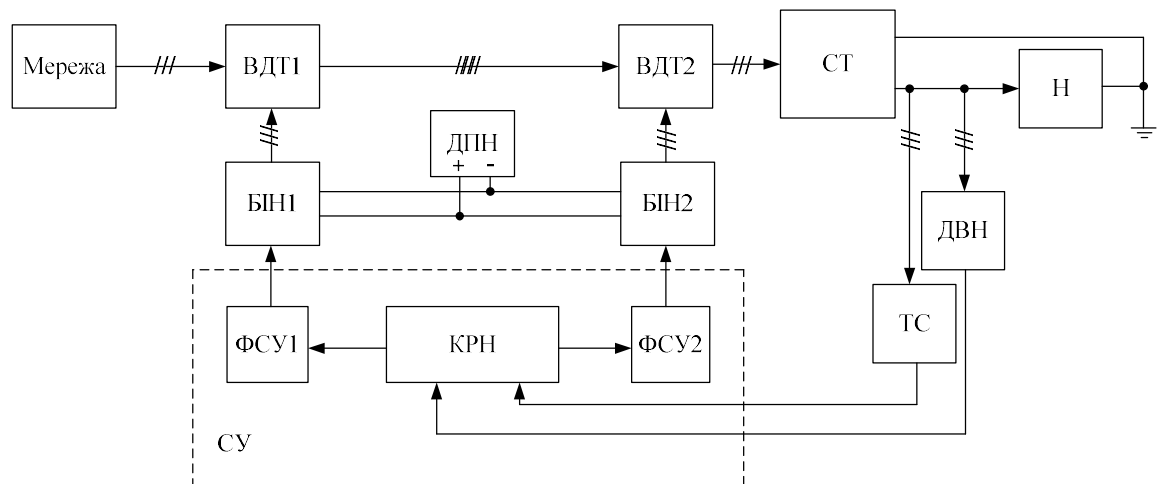


Рисунок 3.5 – Структурна схема СУ ВДТ/VR32

Схема містить силовий трансформатор (СТ), навантаження (Н), блоки вольтододаткових трансформаторів (ВДТ) з блоками інверторів напруги (БІН), які живляться від джерела постійної напруги (ДПН), сукупність даних пристроїв утворює вольтододатковий каскад (ВДК). Каскад включений послідовно між

мережею та СТ. Для інвертора напруги (ІН) запропонований спеціальний спосіб і алгоритм управління. До складу системи управління (СУ) входить формувач сигналу управління (ФСУ) з кутом α для кожного ІН, синхронізований від трифазного трансформатора (ТС) канал регулювання напруги (КРН) з кутом β в колі зворотного зв'язку від датчика відхилення напруги (ДВН).

Принцип регулювання напруги ВДК без зсуву першої гармонійної складової щодо напруги мережі ілюструє векторна діаграма, наведена на рисунку 3.6.

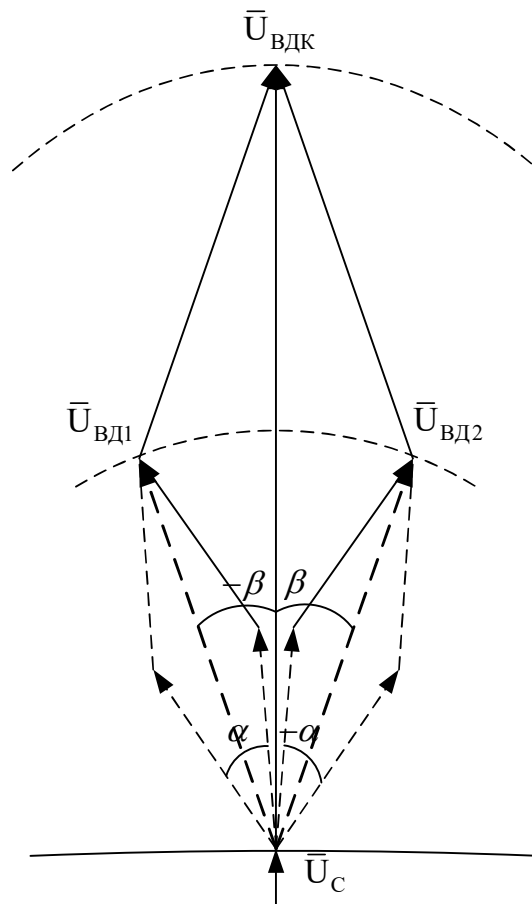


Рисунок 3.6 – Векторна діаграма напруг ВДК

Вектор напруг $\bar{U}_{ВД1}$ та $\bar{U}_{ВД2}$ при $\beta = 0$:

$$\begin{cases} \bar{U}_{ВД1} = U_d \cdot K_{и} \cdot e^{j\alpha}, \\ \bar{U}_{ВД2} = U_d \cdot K_{и} \cdot e^{-j\alpha}. \end{cases} \quad (3.6)$$

де U_d - напруга живлення інверторів;

$K_{и}$ - коефіцієнт передачі напруги мостовим однофазним інвертором.

Напруга ВДК із формули 3.6 буде рівною:

$$\bar{U}_{ВДК} = U_d \cdot K_{и} \cdot e^{t\alpha} + U_d \cdot K_{и} \cdot e^{-t\alpha}, \quad (3.7)$$

$$\bar{U}_{ВДК} = U_d \cdot K_{и} \cdot (e^{t\alpha} + e^{-t\alpha}), \quad (3.8)$$

$$\bar{U}_{ВДК} = U_d \cdot K_{и} \cdot (e^{t\alpha} + e^{-t\alpha}), \quad (3.9)$$

$$\bar{U}_{ВДК} = U_{ВДК} = U_d \cdot K_{и} \cdot 2 \cdot \cos \alpha. \quad (3.10)$$

Вольтододаткові трансформатори, виконуючи роль силових суматорів, добавляючи напругу ВДК до напруги мережі і формують напругу живлення ТП:

$U_1 = U_C + U_{ВДК}$, де U_1 - напруга на первинній обмотці СТ.

З врахуванням (3.10) та коефіцієнта трансформації ВДК k_T отримуємо:

$$U_1 = U_C + 2 \cdot k_T \cdot K_d \cdot K_{и} \cdot 2 \cdot \cos \alpha. \quad (3.11)$$

при збігу по фазі $U_{ВДК}$ та U_C :

$$U_{ВДК} = U_d \cdot K_{и} \cdot k_T \cdot 2 \cdot \cos \alpha \cdot 2 \cdot \cos \beta. \quad (3.12)$$

На підставі виразів (11) і (12) напруга на виході СТ:

$$U_2 = \frac{U_C + 4 \cdot U_d \cdot K_{и} \cdot k_T \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta}{K_{СТ}}. \quad (3.12)$$

Математичні моделі ВДК і СУ в складі ТП, реалізовані в середовищі MatLab / Simulink, представлені на рисунку 3.7. ВДК містить 6 однофазних мостових IGBT модулів і трифазні вольтододаткові трансформатори. Силовий трансформатор підстанції має схему з'єднання Y/Y з нульовим проводом на вторинній обмотці.

Пристрій формування спеціального сигналу [24], що реалізує 180-градусний алгоритм [20] управління ІН в трифазній системі електропостачання, представлено на рисунку 3.9 [25].

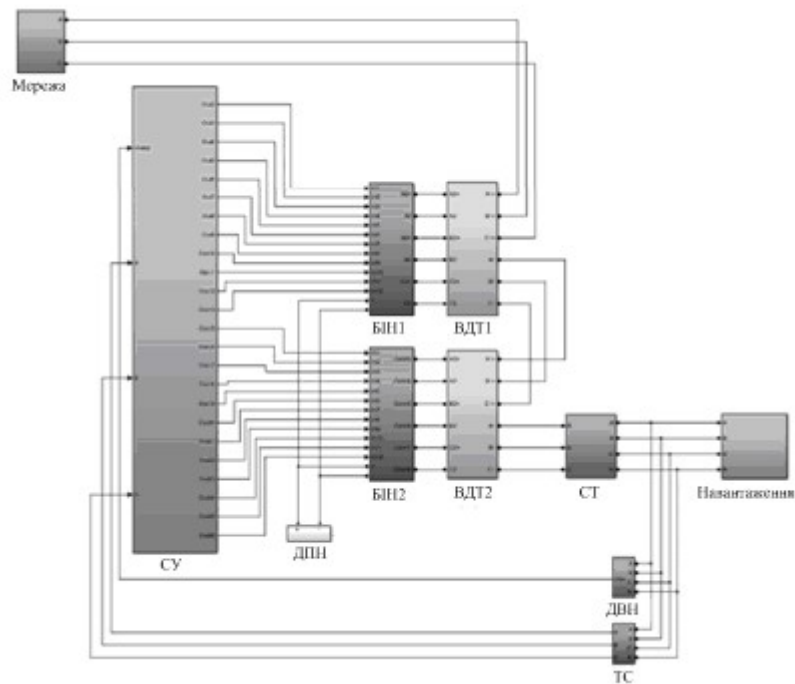


Рисунок 3.7 – Математична модель ВДК у складі ТП

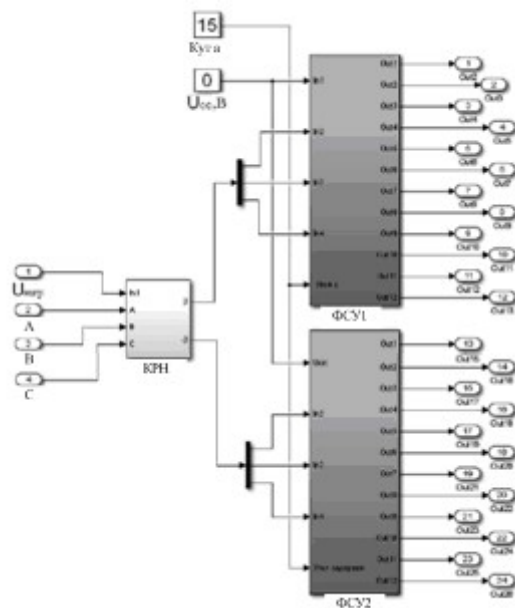


Рисунок 3.8 – Математична модель СУ з імпульсно-фазовим регулюванням

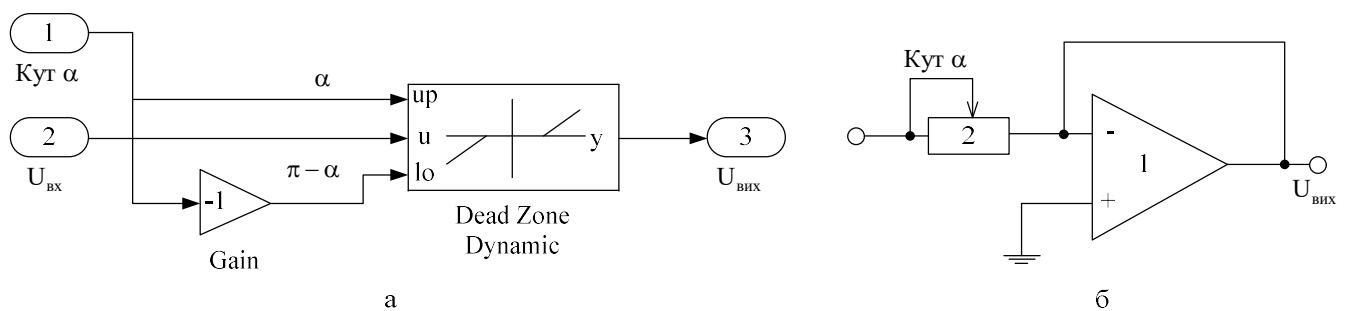


Рисунок 3.9 – Модель формувача сигналу спеціальної форми: а - в середовищі MatLab; б - схема на ОУ

Модель формувача побудована на основі блоку Dead Zone Dynamic (рисунок 3.9, а) в програмному середовищі MatLab, а його фізична реалізація можлива на основі операційного підсилювача (ОУ) і підлаштування резистора (рисунок 3.9, б).

Вихідний сигнал пристрою формується дією негативного зворотного зв'язку операційного підсилювача і потенціометра. За допомогою потенціометра регулюється ступінь зміщення позитивної і негативної напівхвилі вихідного сигналу усіченої синусоїдальної форми, як показано на рисунку 3.10. При зазначеному зміщенні вихідного сигналу пристрою кут управління α змінюється від 0 до 90° .

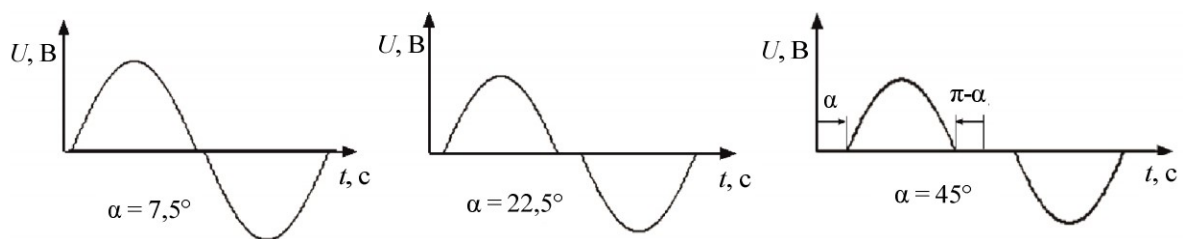


Рисунок 3.10 – Форма сигналу при різних кутах управління

Для формування вхідного сигналу спеціальної форми задіяний пристрій який має високу точність при простій реалізації. При чому змінюючи параметри його сигналу системою управління (СУ) можливо виконати декілька алгоритмів управління ІН.

3.3 Моделювання основних режимів роботи регулятора напруги

На рисунку 3.11 зображено Осцилограма багаторівневого напруги при роботі одного вольтододавального пристрої та 180- градусному управлінні ІН.

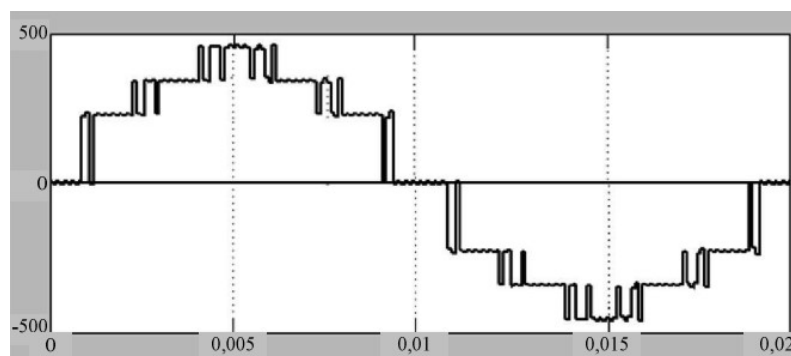


Рисунок 3.11 – Напруга вольтододавального пристрою

При регулюванні кута від 0 до 90° , напруга ВДК змінюється від максимального до нульового значення, а в діапазоні 90 - 180° , від нульового до мінімального значення відповідно. Процес регулювання напруги ВДК в позитивну і негативну півхвилю відбувається в 6 піддіапазонах, а загальне регулювання здійснюється в 12-піддіапазонах.

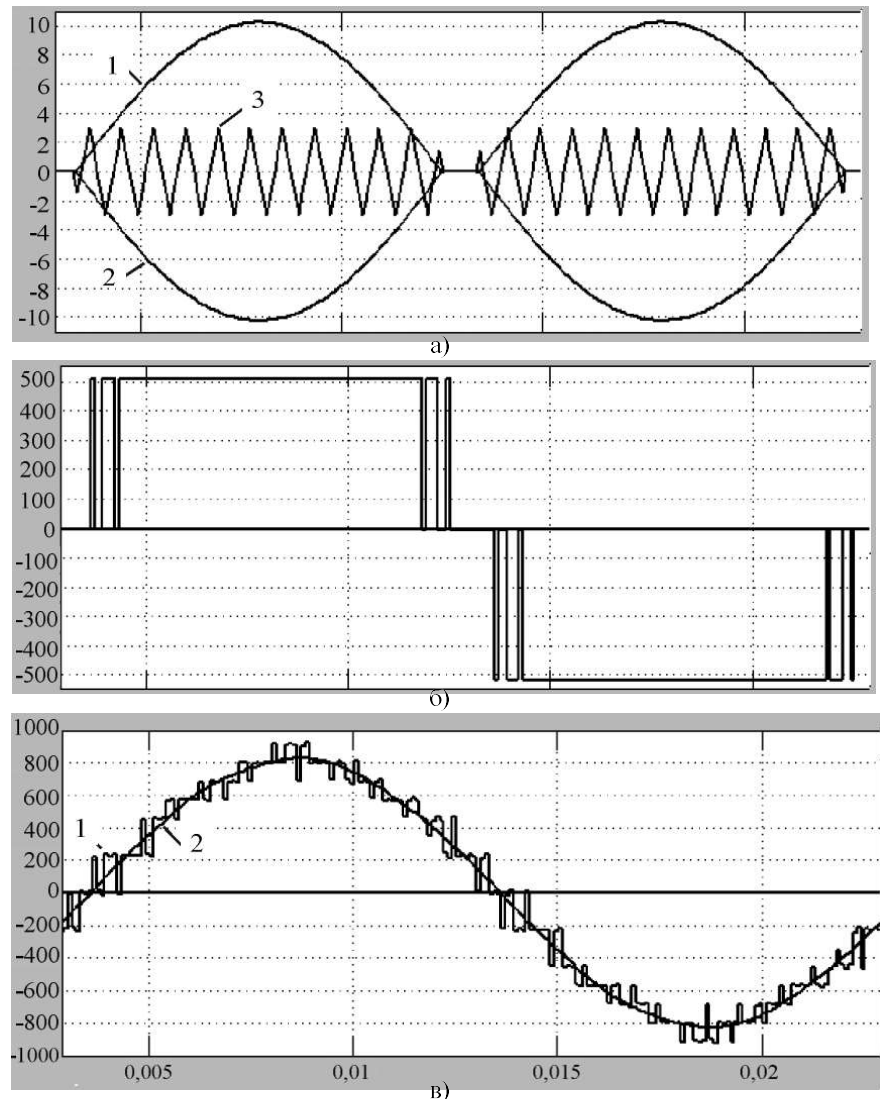


Рисунок 3.12 – Фазні напруги з ШІМ: а - 1, 2 - прямий і зворотний сигнал управління для однофазного ІН, 3 - опорний сигнал; б - напруга на виході однофазного ІН; в - 1 - напруга ВДК, 2 - перша гармоніка напруги

Багаторівнева напруга практично не спотворює форму струму навантаження в трансформаторах і мережі. Це показано на осцилограмах представлених на рисунку 3.13.

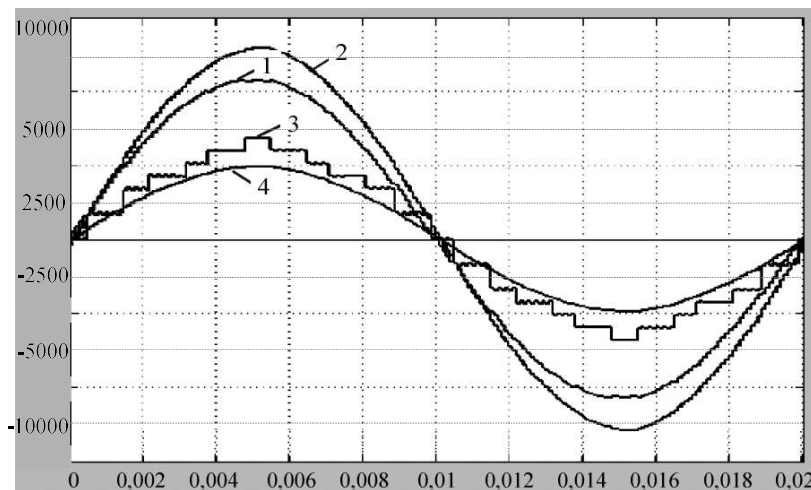


Рисунок 3.13 – Осцилограми напруги і струму мережі при роботі СТ на RL навантаження з імпульсно-фазовим регулюванням напруги ВДК на вході ТП: 1 - напруга мережі; 2 - напруга на вході СТ; 3 - напруга ВДК; 4 - струм мережі

Здійснені моделювання основних режимів роботи регулятора напруги показали, що представлені алгоритми і структура системи управління ВДТ разом з силовою схемою в складі ТП дають можливість формування багаторівневого регульованого сигналу для стабілізації величини напруги в навантаженні СТ з високими енергетичними показниками, лінійним регулюванням характеристик і порівняно жорстку зовнішню характеристику.

3.5 Висновки до розділу 3

Висновки. Використання пристрою ПАРН ВДТ/VR32 в СЕП підприємства дозволить значно оптимізувати рівень напруги в мережах даного підприємства, мінімізувати величину відхилення напруги, що дає змогу покращити показники якості електроенергії та зменшити втрати пов'язані з даним несприятливим явищем.

В даному розділі дипломної роботи також було проведено моделювання оптимальних параметрів та режимів роботи ПАРН типу ВДТ/VR32 в мережах ТОВ «ЯТЕК-УКРАЇНА». Проаналізовано математичну модель системи автоматичного регулювання напруги силового трансформатора з ПАРН. Розроблено цифрову модель пристрою ПАРН в середовищі Matlab Simulink, а також здійснено моделювання основних режимів його роботи.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

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

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на електромонтерів, що обслуговують обладнання цеху фасування олії [9]:

фізичні:

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

- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;
- підвищена та понижена рухомість повітря.

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

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

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

Роботи по обслуговуванню електродвигунів.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електродвигуна або до обертових частин електродвигуна, який приводить в рух механізм, необхідно зупинити електродвигун та на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат "НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ" [15].

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

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

При роботах за межами КРУ на відхідних ПЛ або КЛ на підключеному до них обладнанні візок з вимикачем необхідно викотити з шафи; верхню заслінку або дверці закрити на замок та вивісити плакати "НЕ ВМИКАТИ!" або "НЕ ВМИКАТИ! РОБОТА НА ЛІНІЇ" [15].

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

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

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

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

В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження) [15].

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

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

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

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

При роботі на електродвигуні заземлення встановлюється на кабелі (з від'єднанням або без від'єднання його від електродвигуна) або на його приєднанні в РУ.

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

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки [15].

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

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

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

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

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити

і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками [15].

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення [10].

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

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів

мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.

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

4.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (ϵ). КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості [18].

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності;

Розряд - IV;

Підрозряд зорової роботи - в;

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

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

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом,

нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_n \cdot m_n; \quad (4.1)$$

де e_n – значення КЕО для будинків;

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

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

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

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення -освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 200 лк, комбіноване 400 лк;

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

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

4.2.3 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі [11]:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right); \quad (4.2)$$

де L – рівень шуму, дБ;

P – звуковий тиск, Па;

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

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

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

Таблиця 4.2- Рівень звукового тиску

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

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі

матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.4 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань [12].

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються установка купажу води та лінія розливу води, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальні	Z_o, Y_o, X_o	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

4.3 Пожежна безпека

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

Приміщення фасувального цеху заводу за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії В - горючі речовини і матеріали з зонами П-Іа, де розташовані тверді горючі речовини (тара). Цехи розташовані у будівлях III ступеня вогнестійкості [13].

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

Таблиця 4.4 - Мінімальні межі вогнестійкості та мінімальні межі розповсюдження полум'я по будівельних конструкціях.

	Стіни				Колони	Сходові клітини, балки, марші	Плити, настили та інші несучі конструкції, перекриття	Елементи перекриття	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі				Плити настили і прогони	Балки, ферми
III	2/0	1/0	0,25/0	0,25/0	2/0	1/0	0,75/0	0,25/0	0,25/0

Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів показана в табл.4.5.

Таблиця 4.5 - Кількість людей для розрахунку ширини евакуаційних виходів

Об'єм приміщення, тис. м ³	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 м ширини Евакуаційного
7940	Д	III	35

На території підприємства встановлено 3 пожежних щита. До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщуються в ньому, слід включати: вогнегасники ВП-5 – 2 шт., ящик з піском – 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті 2 м х 2 м – 1 шт., гаки – 3 шт, лопати – 2 шт., ломи – 2 шт., сокири – 2 шт.

Ящик для піску має місткість 3 м³ та укомплектовані совковою лопатою. У приміщеннях щит повинен бути в легкодоступному місці, ближче до виходу.

Висновки. В цехах Жмеринського заводу передбачено створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці; належного освітлення цехів підприємства, насамперед з метою попередження травматизму на підприємстві.

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлено оптимальну та допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря.

Висновки. В даному пункті бакалаврської дипломної роботи було розроблено норми з охорони праці, а саме технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та з гігієни праці і виробничої санітарії. А також розроблено норми з пожежної безпеки.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської дипломної роботи щодо розробки системи електропостачання ТОВ «Ятек-Україна», в процесі пошуку оптимальних рішень виконання СЕП підприємства здійснено наступні проектні рішення:

Розраховано та спроектовано мережу Механічного цеху №1. Для якого було обрано радіальне живлення від трьох розподільчих пристроїв.

Для усіх цехів та підприємства в цілому було розраховано навантаження споживачів та освітлювальних установок. Спроектовано внутрішню заводську мережу 10 кВ для якої було обрано трансформатори марки ТМ – 630/10. Для кільцевої схеми живлення ТП від ПС 10 кВ та між самими ТП обрано кабельні лінії АПвЭгаПу-10 перерізом 3х35 мм². Схема живлення підприємства виконана від двох джерел живлення, що дозволяє продовжувати живлення підприємства у випадку коли одна із живлячих ліній вийде з ладу, або у випадку коли на одній із підстанцій буде не необхідного об'єму потужності підприємство зможе отримувати електроенергію із іншої підстанції без прогрішення балансу потужності мережі.

В науково-дослідній частині роботи проаналізовано пристрої ПАРН та принципи їх роботи. Проведено моделювання основних режимів роботи пристроя ПАРН типу ВДТ/VR32 для системи електропостачання даного підприємства в MATLAB Simulink. На підставі отриманих результатів обрано оптимальні параметри ПАРН при роботі на навантаження даного підприємства.

Розглянута математична модель та змодельована цифрова модель управління пристроєм ПАРН, яка дозволяє здійснювати автоматичне управління, на заданому рівні, дійсного значення напруги мережі протягом усього часу роботи пристрою, виконуючи, таким чином, стабілізацію параметрів напруги СЕП. Також в системі управління передбачено виконання пуско-захисних функцій.

Розроблено норми з охорони праці, а саме технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту, та, з гігієни праці і виробничої санітарії. А також розроблено норми з пожежної безпеки.

Проведені розрахунки забезпечили максимально надійне електропостачання підприємства.

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. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
3. ПрАТ «ТЗС» : веб-сайт. URL: <https://gnivan-miskrada.gov.ua/prat-szb-19-15-47-30-03-2017/> (дата звернення: 15.05.2024).
4. Способи економії електроенергії на підприємстві. URL: <http://vinmayak.pat.ua/> (дата звернення: 05.06.2024).
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. РТМ 36.18.32.4-92: 1993. Методика розрахунку електричного навантаження. 9с.
7. Промислові автоматичні вимикачі ЕВ та ЕВ2. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/etibreak/eb2/> (дата звернення: 16.05.2024).
8. Кабельно-провідникова продукція. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189/> (дата звернення: 06.06.2024).
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/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).
10. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
11. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю

електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.

12. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.

13. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.

14. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).

15. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго". URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees/> (дата звернення: 15.05.2024).

16. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.yuzhcable.info/> (дата звернення: 06.06.2024).

17. Трансформатори силові ПАТ «Завод Південкабель». URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099/> (дата звернення: 07.06.2024).

18. Вимикачі навантаження. URL: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756/> (дата звернення: 07.06.2024).

19. Способи економії електроенергії на підприємстві. URL: <http://vinmayak.pat.ua/> (дата звернення: 08.06.2024).

20. Каталог ламп та світильників . URL: <http://avtonom.com.ua/osveshchenie/diodnye-lampy> (дата звернення: 08.06.2024).

21. Розанов Ю.К., Рябчинский М.В. Сучасні методи Поліпшення якості електроенергії (аналітичний огляд) // Електротехніка. - 1998. - №3. - С. 10-17.

22. Мокін Б.І., Виговський Ю.Ф. Автоматичні регулятори в електричних мереж. - До.: Техніка, 1985. - 104 с.

23. В.В. Грабко. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з прилаштуваті РПН. Монографія. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-

Вінниця, 2005, 109 с.

24. Говоров Ф.П. До питання про регулювання напруги в міських електричних мереж // Енергетика та електрифікація. - 1993. - №4. - С. 42-44.

25. Simulink - моделювання і симуляція динамічних систем . URL: <http://matlab.ru/products/simulink> (дата звернення: 08.06.2024).

26. 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.

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

28. 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->.

29. 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.

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

31. 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>.

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

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

34. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
35. 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>.
36. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
37. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
38. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.
39. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
40. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.
41. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.
42. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

Додаток А – Вихідні дані

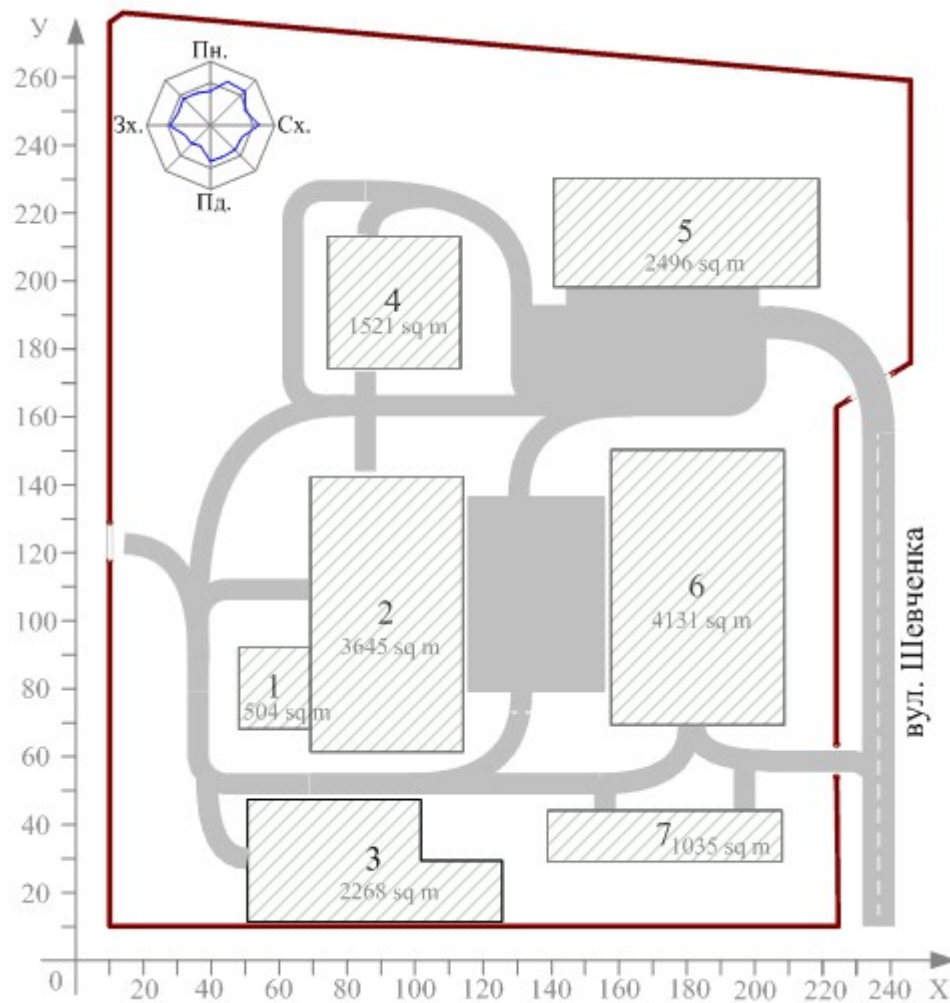


Рисунок А.1 – Генплан ТОВ «Ятек-Україна»

Таблиця А.1 – Електричні навантаження виробничих потужностей ТОВ «Ятек-Україна»

№	Назва	Р, кВт	Площа м ²	X, м	Y, м
1	Котельня	88	504	58	80
2	Виробничий корпус №1	210	3645	91	101
3	Механічний цех №1		2268	88	29
4	Адмінбудівля	65	1521	93	193
5	Механічний цех №2	295	2496	179	214
6	Виробничий корпус №2	375	4131	183	110
7	Складське приміщення	55	1035	173	37

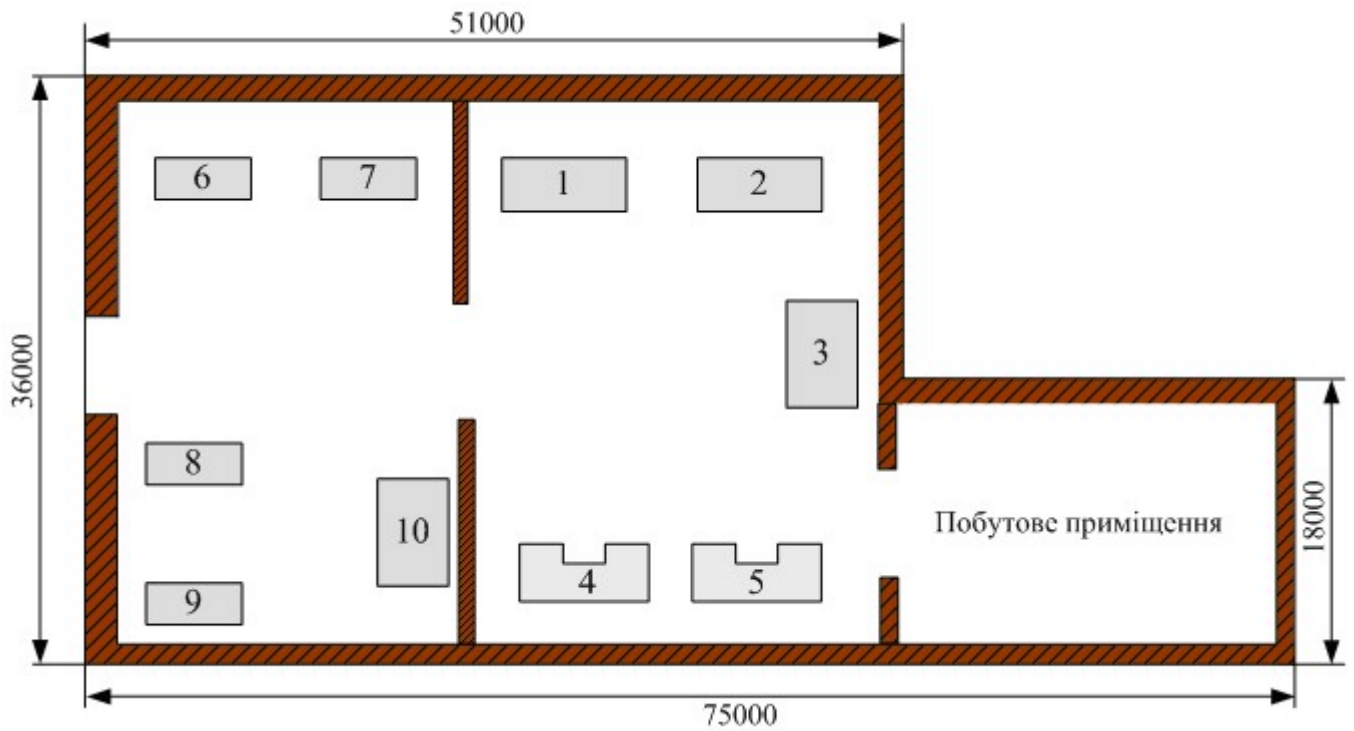


Рисунок А.2 – План Механічного цеху №1

Таблиця А.2 – Відомості про ЕП цеху

№ на плані	Електроприймач	Рн, кВт
1,2	Фрезерувальний верстат	18
3	Трубозгинальний верстат	18
4,5	Шліфувальний верстат	11,5
6,7	Токарний верстат	9
8,9	Свердлильний верстат	6
10	Обдирний верстат	12

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Ятек-Україна», село Мовчани, Жмеринського району

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність	85.6
Схожість	14.4

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

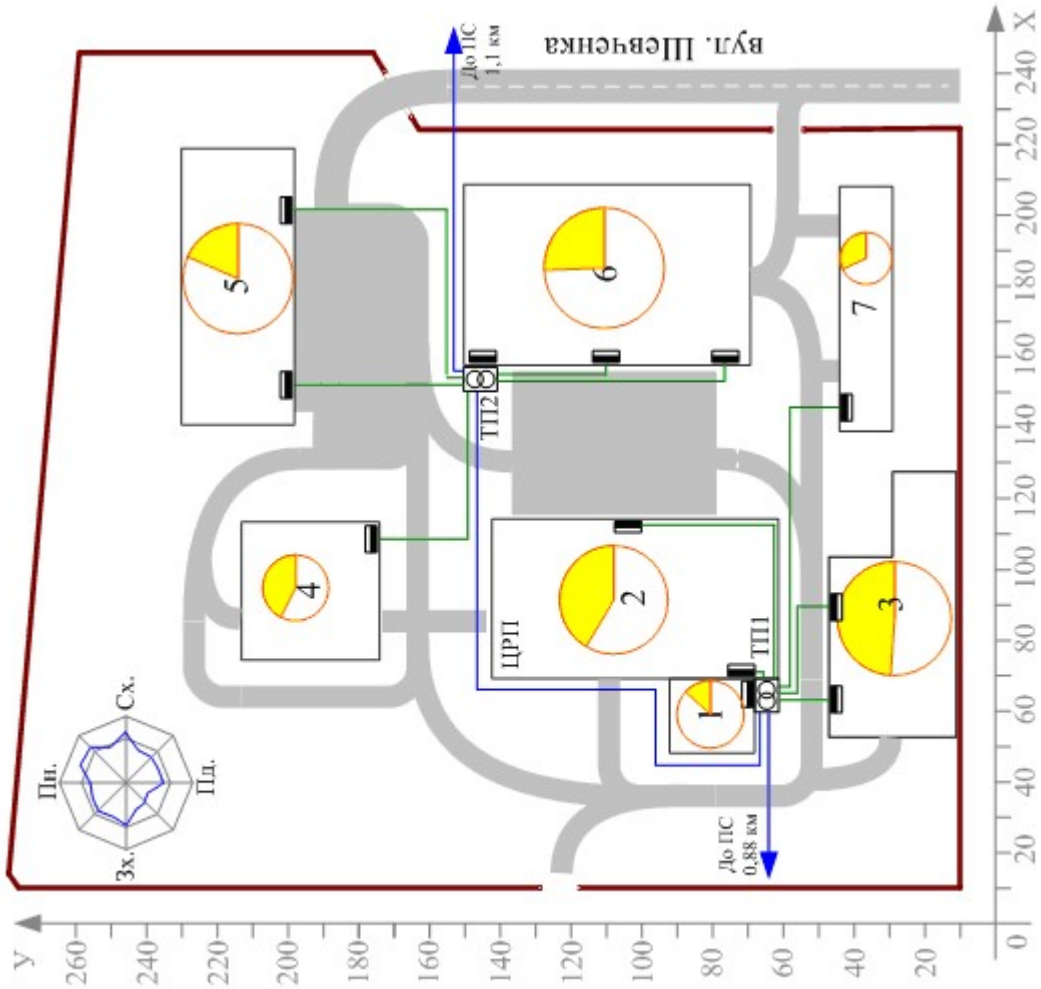
Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Трайтека М.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Войтюк Ю.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Додаток В – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами

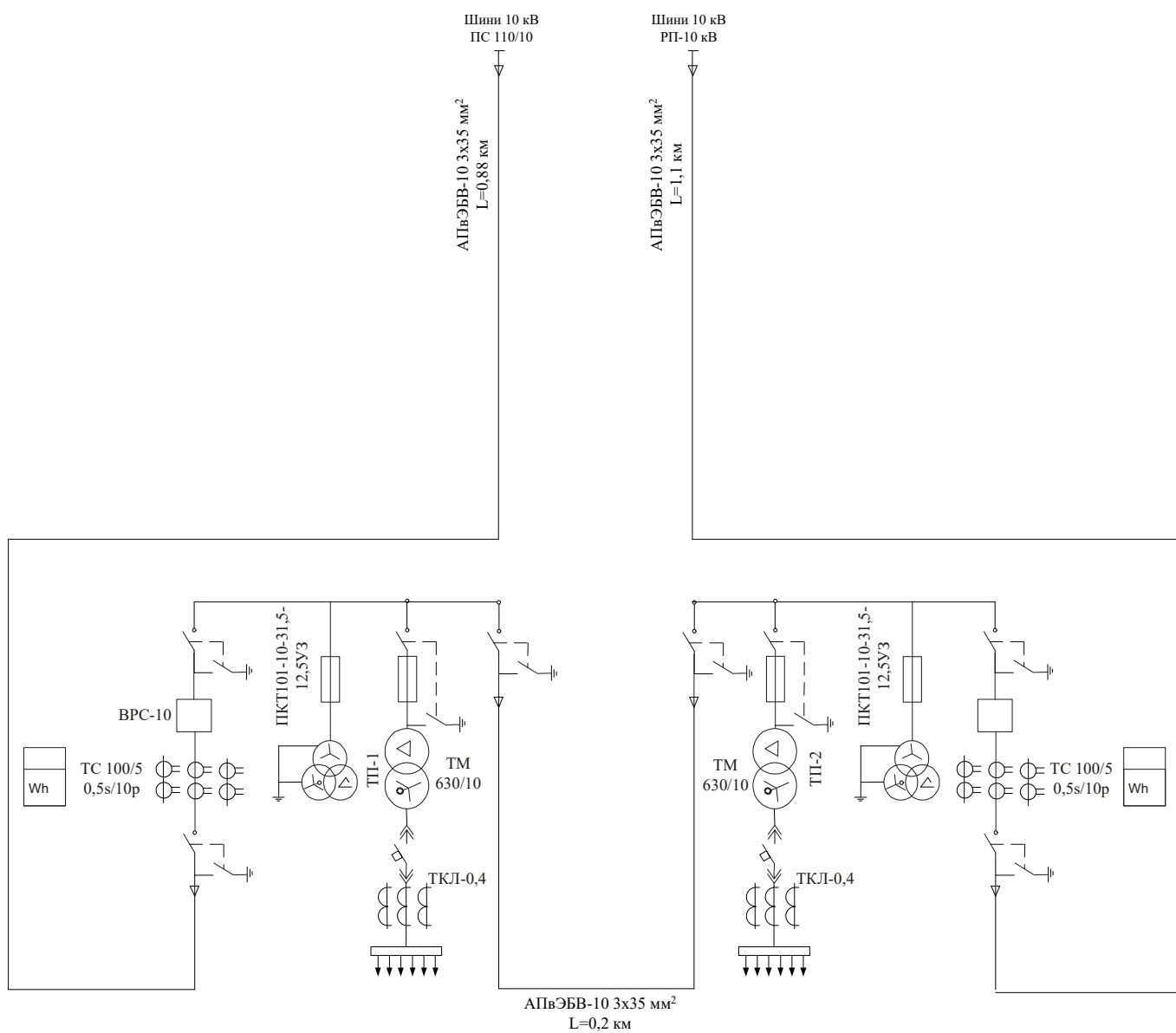


№	Найменування	Рн, кВ
1	Котельня	88
2	Виробничий корпус №1	210
3	Ковальський цех	
4	Адмінбудівля	65
5	Механічний цех	295
6	Виробничий корпус №2	375
7	Складське приміщення	55
	ЦРП	
	ТП1	ТМ 630
	ТП2	ТМ 630

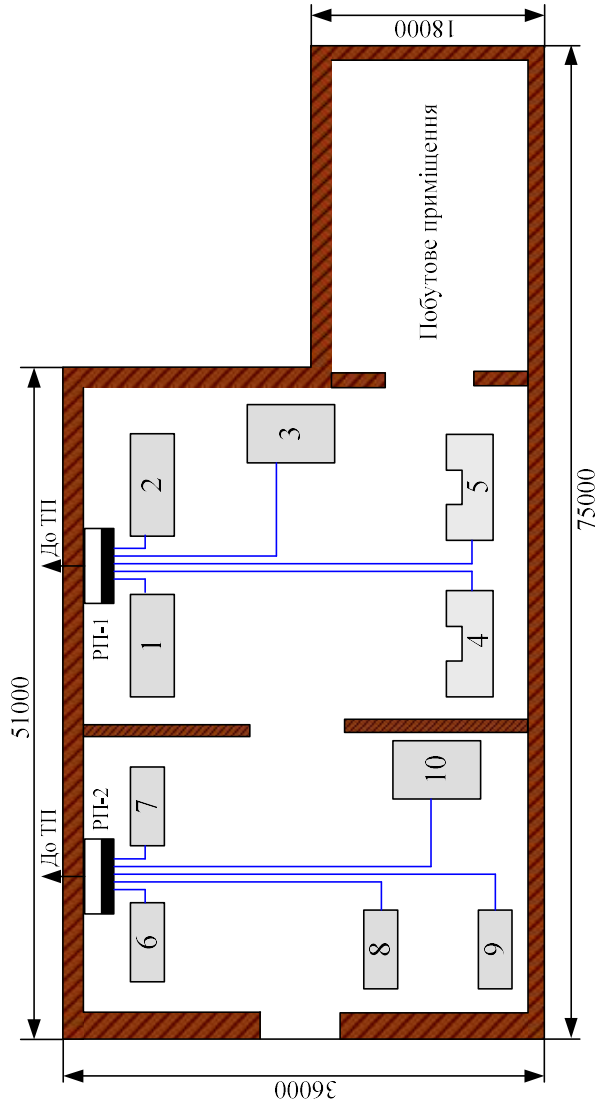
Таблиця умовних позначень

Позначення	Найменування
	ТП
	ЦРП, РП
	Кабельні лінії 10 кВ
	Кабельні лінії 0,4 кВ

Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства



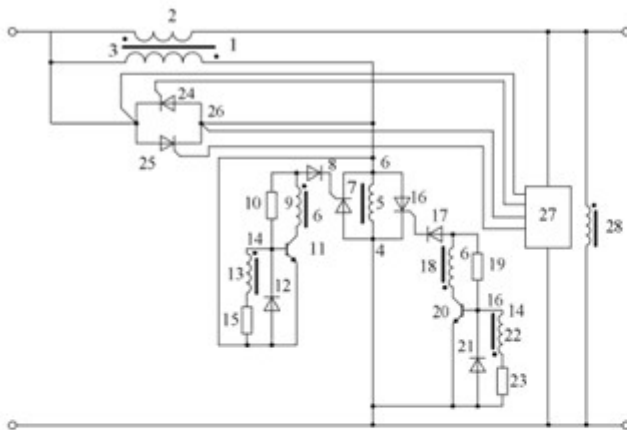
Додаток Д – План електропостачання цеху



№ на плані	Електроприймач	Рн, кВт
1,2	Фрезерувальний верстат	18
3	Трубозгинальний верстат	18
4,5	Шліфувальний верстат	11,5
6,7	Токарний верстат	9
8,9	Свердильний верстат	6
10	Обдирний верстат	12

ТП	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				ГРП	п шт	ЗАХИСТ				ЖИВЛЯЧА ЛІНІЯ				СПОЖИВАЧІ				НАЗВА ЕП																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	ТИП ВИБІРКА	I ном А	I чотв А	I сдл А	МАРКА ПРОВОДУ (Стор. проклад. - визначити)	ПРОЄД	I довг А	P м кВт			I ном А	I чотв А	I сдл А	МАРКА ПРОВОДУ (Стор. проклад. - визначити)	I довг А	I ном А	I чотв А	P м кВт	№ на плані																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
ЕБ2 100/3Л 100А 3р		100	100	1500	АВВГнг-3х25+1х16	102	26,62	46,97		2	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	48	18	1,2		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	48	18	3		2	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	30,7	11,5	4,5		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10		1	ЕБ 100/3Л 63А 3р	63	63	800	АВВГ	(3х16+2х10)	77	32	12	10	

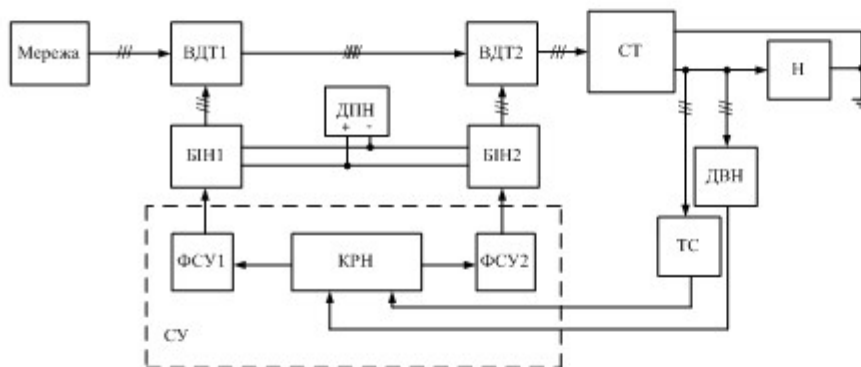
Додаток Ж – Регулювання напруги в мережах підприємства за допомогою пунктів автоматичного регулювання напруги (ПАРН)



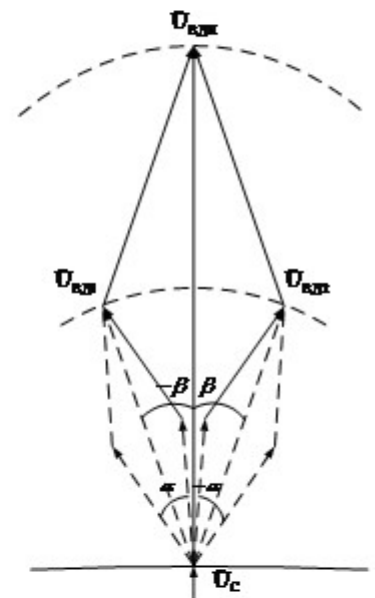
Функціональна схема ПАРН



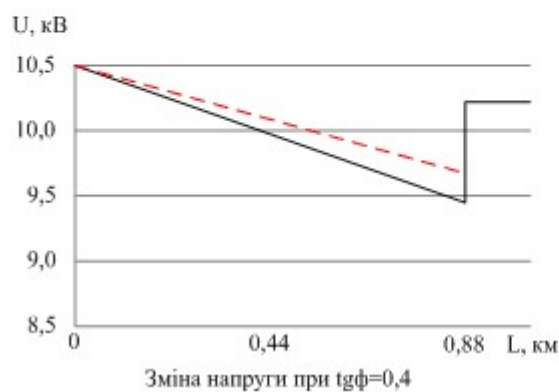
Функціональна схема регулятора ВДТ



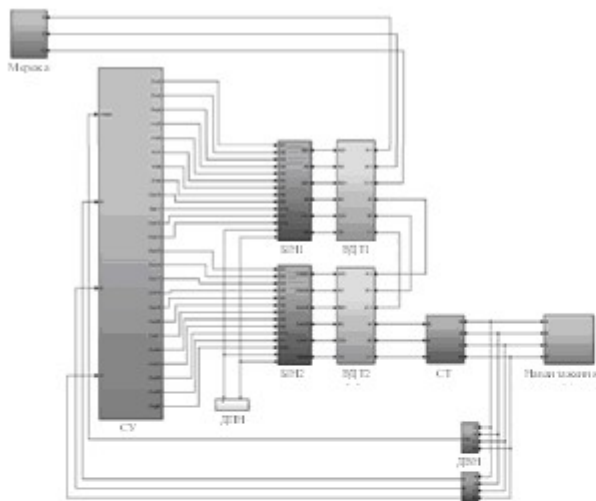
Структурна схема СУ ВДТ/VR32



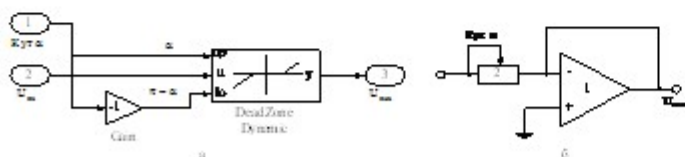
Векторна діаграма напруг ВДТ



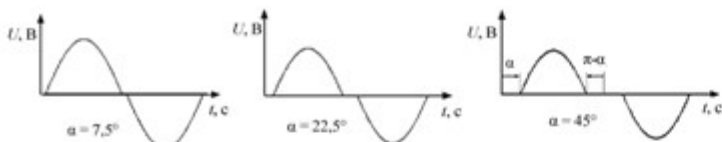
Додаток 3 – Моделювання роботи силового трансформатора з пристроєм ПАРН



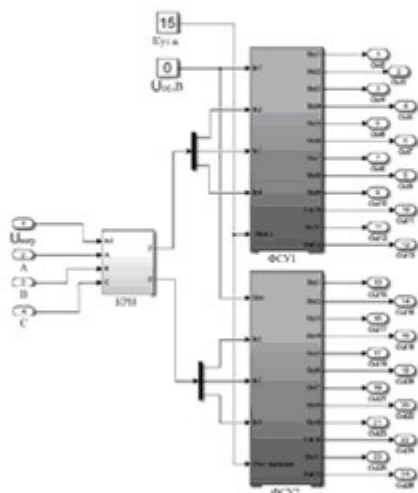
Математична модель ВДК у складі ТП



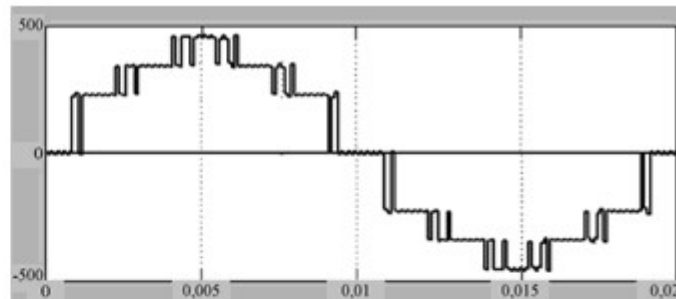
Модель формувача сигналу спеціальної форми: а - в середовищі MatLab; б - схема на ОУ



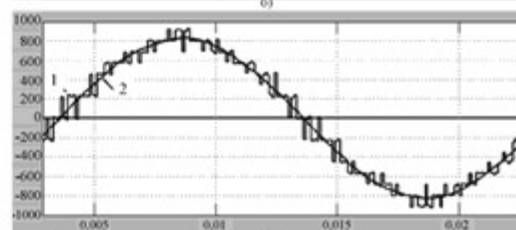
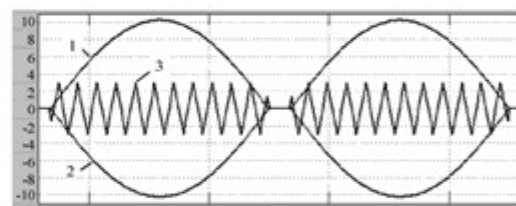
Форма сигналу при різних кутах управління



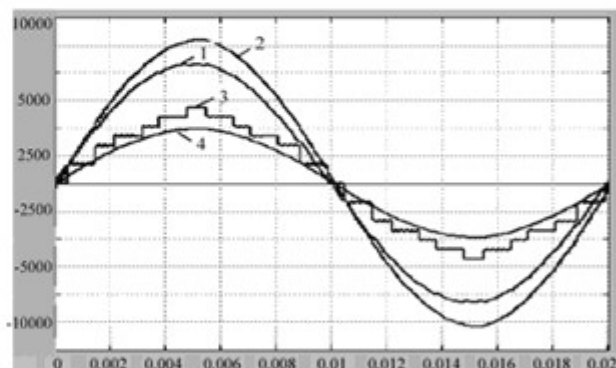
Математична модель СУ з імпульсно-фазовим регулюванням



Напруга вольтододадового пристрою



Фазні напруги з ШІМ: а - 1, 2 - прямих і зворотний сигнал управління для однофазного ІН, 3 - опорний сигнал; б - напруга на виході однофазного ІН; в - 1 - напруга ВДК, 2 - перша гармоніка напруги



Осцилограми напруги і струму мережі при роботі СТ на RL навантаження з імпульсно-фазовим регулюванням напруги ВДК на вході ТП: 1 - напруга мережі; 2 - напруга на вході СТ; 3 - напруга ВДК; 4 - струм мережі