

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Дослідження якості електропостачання споживачів «45-й
Експериментальний механічний завод», місто Вінниця»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-20м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

_____ Гуменний Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент каф. ЕСЕЕМ

_____ Войтюк Ю.П.

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021 р.

Опонент:

_____.

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

_____ д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

(прізвище та ініціали)

«___» _____ 2021 р.

Вінниця – 2021 року

Вінницький національний технічний університет
 Факультет Електроенергетики та електромеханіки
 Кафедра Електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
 Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
 Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“24” вересня 2021 року

**З А В Д А Н Н Я
 НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гуменному Дмитру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження якості електропостачання споживачів «45-й Експериментальний механічний завод», місто Вінниця

керівник роботи Войтюк Ю.П к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвердені наказом вищого навчального закладу від “24” вересня 2021 року
 № 277

2. Термін подання студентом роботи “15” грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика споживачів підприємства. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. Аналіз ефективності використання динамічної компенсації реактивної потужності на підприємстві. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Матеріал необхідний для висвітлення сутності проведених досліджень та впровадження розроблених методик.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Войтюк Ю.П., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н. доцент		
Економічна частина	Шулле Ю.А., доц., каф. ЕСЕМ, к.т.н.		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу		
2	Синтез зовнішньої СЕП		
3	Розрахунок цехової електричної мережі		
4	Науково дослідна частина		
5	Економічна частина		
6	Охорона праці		
7	Графічна частина		

Студент _____
(підпис)

Гуменний Д.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____
(підпис)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	7
ВСТУП.....	9
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	11
1.1 Характеристики підприємства	11
1.2 Аналіз методів та пристроїв регулювання напруги в електричних мережах підприємств	14
2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕП	17
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	17
2.2 Оптимізація кількості, потужності та місця розташування цехових ТП	19
2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення	23
2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП	26
2.5 Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв.....	29
2.6 Релейний захист та автоматика	31
3 ОПТИМІЗАЦІЯ ВІДХИЛЕНЬ НАПРУГИ В СЕП ПІДПРИЄМСТВА	37
3.1 Аналіз режимів роботи силового трансформатора з пристроєм РПН	37
3.2 Визначення оптимальних значень відпайок РПН для підприємства	45
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ... 55	55
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи.....	55
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.....	57
4.3 Розрахунок поточних витрат	59
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	59
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі	61
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	64
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат.....	65
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	66
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію.....	66
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії	70
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	73
5.1.1 Електробезпека.....	73
5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	74
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	77
5.2.1 Мікроклімат.....	77
5.2.2 Склад повітря робочої зони	77
5.2.3 Виробниче освітлення.....	78
5.2.4 Виробничий шум.....	80
5.2.5 Виробничі вібрації	81
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	82
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах дії загрозливих чинників НС	85
5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ДП «45 ЕМЗ» в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	86
5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах дії електромагнітного імпульсу..	87
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах надзвичайних ситуацій	89
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	93
Додаток А – Технічне завдання	
Додаток Б – Ілюстративні матеріали	
Додаток В – Ілюстративні матеріали	
Додаток В – Ілюстративні матеріали	
Додаток В – Ілюстративні матеріали	
Додаток В – Ілюстративні матеріали	

АНОТАЦІЯ

Гуменний Дмитро Олександрович. Дослідження якості електропостачання споживачів «45-й Експериментальний механічний завод», місто Вінниця. МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2021 – 104с.

В магістерській кваліфікаційній роботі проведено дослідження якості електропостачання споживачів ДП «45ЕМЗ».

В роботі розглянуті питання по розрахунку електропостачання підприємства, вибір кількості і потужності трансформаторних підстанцій, релейного захисту та автоматики.

Проаналізовано вплив відхилення напруги на роботу електрообладнання. Розглянуто шляхи підвищення якості електричної енергії в мережах підприємства.

Результатом науково-дослідної роботи являється змодельована система роботи силового трансформатора з установленим на ньому пристроєм РПН в електричній мережі даного підприємства для якого проведено моделювання основних режимів роботи в MATLAB Simulink. Також для досягнення оптимальних рівнів напруги в СЕП підприємства здійснено розрахунок параметрів пристроїв ПБЗ.

Розраховано основні техніко-економічні показники СЕП підприємства.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електричні мережі, електропостачання, регулювання напруги.

Рисунків - 23

Таблиць - 28

Бібліографій – 35

ABSTRACT

Humennyi Dmytro Olexandrovych. The research of the quality of electricity supply to consumers "45th Experimental Mechanical Plant", Vinnytsia. MKT. Specialty 141 - Vinnytsia: VNTU, FEEM, Department of ESEEM, 2021 - 104p.

In the master's qualification thesis conducted the research of power`s quality supply for consumers of SE "45EMP".

The paper considers the issues of calculating the power supply of the enterprise, the choice of the number and capacity of transformer substations, relay protection and automation. The influence of voltage deviations on the operation of electrical equipment is analyzed. Ways to improve the quality of electricity in enterprises are considered.

The result of research work is a generated system of operation of the transformer with the voltage adjustment installed on it in the electrical network of the enterprise for which the simulation of the main modes of operation in MATLAB Simulink. Also, in order to achieve optimal voltage levels in the PSS of the enterprise, the calculation of the parameters of switch without activation of devices was implemented.

The main technical and economic indicators of PSS of the enterprise are calculated.

The issues of labor protection and safety in emergencies are considered.

Key words: electric networks, power supply, voltage regulation.

Figures - 23 Tables - 28 Bibliography – 35

ВСТУП

Актуальність теми. В даний час однією з найважливіших проблем в електроенергетиці, що забезпечує електроенергією промислові підприємства, установки та комплекси, є забезпечення стабільності напруги в системі електропостачання. номінального значення різних вузлах електричної мережі [1].

Причинами цього є:

- втрати напруги, що викликаються струмами навантаження, що протікають по елементах мережі;
- неправильний вибір перерізів струмопровідних елементів і потужності силових трансформаторів;
- неправильно побудовані схеми мереж.

Для підтримки необхідних техніко-економічних показників режимів роботи електричних мереж необхідно регулювати напругу. Основною метою регулювання [2] напруги в розподільчих мережах, що знаходяться в безпосередній електричній близькості від споживачів, є підтримання відхилень напруги в межах, встановлених ГОСТ 13109-97 [3]. Тому оптимізація електричних мереж ДП «45 ЕМЗ» шляхом використання сучасних ефективних методик та обладнання являється актуальною тематикою, і полягає в вирішенні наступних практичних задач:

- розрахунок кількості, потужності, місця встановлення трансформаторів,
- вибір перерізу кабельних ліній електричних мереж,
- знаходження координат розміщення трансформаторних підстанцій за економічними показниками,
- захисної та виміральної апаратури електричних мереж,
- розрахунок пристрою РПН та знаходження її оптимальних положень регулювальних відгалужень при роботі з графіком електричних навантажень підприємства, для забезпечення нормованих значень рівнів напруги.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської роботи є дослідження якості електропостачання споживачів ДП «45 ЕМЗ» за допомогою розрахунку за економічними показниками оптимальної кількості, потужності та місця розміщення цехових трансформаторних підстанцій, найбільш економічно вигідного перерізу

кабельній лінії із стандартного каталожного ряду, розрахунок засобів компенсації реактивної потужності в вузлах трансформаторних підстанцій, використання регульованих відгалужень трансформаторів, для забезпечення нормованих рівнів напруги в системі електропостачання ДП «45 ЕМЗ».

Для досягнення поставленої мети у роботі будуть розв'язані типові задачі:

- здійснити автоматизовані розрахунки для пошуку оптимального значення потужностей трансформаторів із стандартного ряду потужностей трансформаторів;
- провести автоматизовані розрахунки найбільш економічно вигідного перерізу кабельній лінії із стандартного каталожного ряду;
- розрахувати потужність засобів компенсації реактивної потужності, які будуть встановлені в вузлах трансформаторних підстанцій та оптимального положення регульованих відпайок для оптимального значення рівнів напруги.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження даної роботи являються електричні мережі ДП «45 ЕМЗ».

Предмет дослідження – елементи схеми та електричні режими в СЕП.

Головний результат науково-дослідної роботи.

Було здійснено удосконалення системи електропостачання ДП «45 ЕМЗ» шляхом за діяння новітніх методів, обладнання та технічних засобів при оптимальному проектуванні трансформаторних підстанцій, розрахунку оптимальних параметрів засобі компенсації реактивної потужності, які встановлено у вузлах трансформаторних підстанцій. Здійснено розрахунок оптимального положення регульованих відгалужень засобів РПН трансформатора за допомогою новітніх методик.

Практична цінність одержаних висновків по роботі полягає у тому, що реалізація отриманих рішень забезпечує оптимальне функціонування системи електропостачання ДП «45 ЕМЗ».

Достовірність задіяних в магістерській роботі методик підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням технічних та математичних методів, достовірним виведенням аналітичних співвідношень.

Особистий внесок. Отримані результати в ході виконання МКР, що виносяться на захист, були отримані автором роботи одноособно.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристика підприємства

ДП «45 ЕМЗ» - це державне підприємство, яке спеціалізується на виготовленні та реалізації продукції в сфері інженерних, конструкторських та інших суміжних областях та і експериментальних дослідженнях. Завод являється одним із об'єктів державного концерну «УОП».

Виробничі потужності підприємства діляться по етапах вироблення продукції. А саме прийом сировини та матеріалів, первинна обробка, виготовлення деталей та корпусів, зборка готової продукції, склади для готової продукції та інші допоміжні та адміністративні споруди.

Завод спеціалізується на наступних видах діяльності:

- штамповка та обробка металевих корпусів та виробів;
- виготовлення інструментів та деталей та комплектуючих до інструментів;
- технічне обслуговування обладнання та устаткування, ремонтні роботи технічного обладнання;
- виготовлення конструкцій, обладнання та устаткування для будівельних робіт;
- виготовлення пристроїв та приладів побутового призначення, їх частин та компонентів;
- послуги по виготовленню, ремонту, монтажу та технічного обслуговування обладнання призначеного для промислового використання;
- монтажні роботи по експлуатації металевих конструкцій при будівельних роботах;
- оптовий збут матеріалами, приладами, обладнанням та комплектуючими частинами для експлуатаційних робіт;
- надання послуг по вантажному перевезенню продукції;
- експериментальні дослідження інженерного та конструкторського обладнання;
- захист соціальних прав та забезпечення місцем проживання;

- штамповка металевих матеріалів та сталей різної стандартної та нестандартної конфігурації;

- виготовлення металевих та сталевих конструкцій для будівельних робіт.

Електроприймачі заводу живляться від цехових трансформаторних підстанцій на напрузі 0,4 кВ та промисловою частотою 50 Гц.

Переважна частина споживачів ЕП ДП «45 ЕМЗ» відноситься до II категорії надійності електропостачання [3]. Генеральний план заводу з представленими на ньому спорудами та дорогами зображено на рисунку 1.1. Дані про величини активного навантаження цехів заводу наведено в таблиці 1.1.

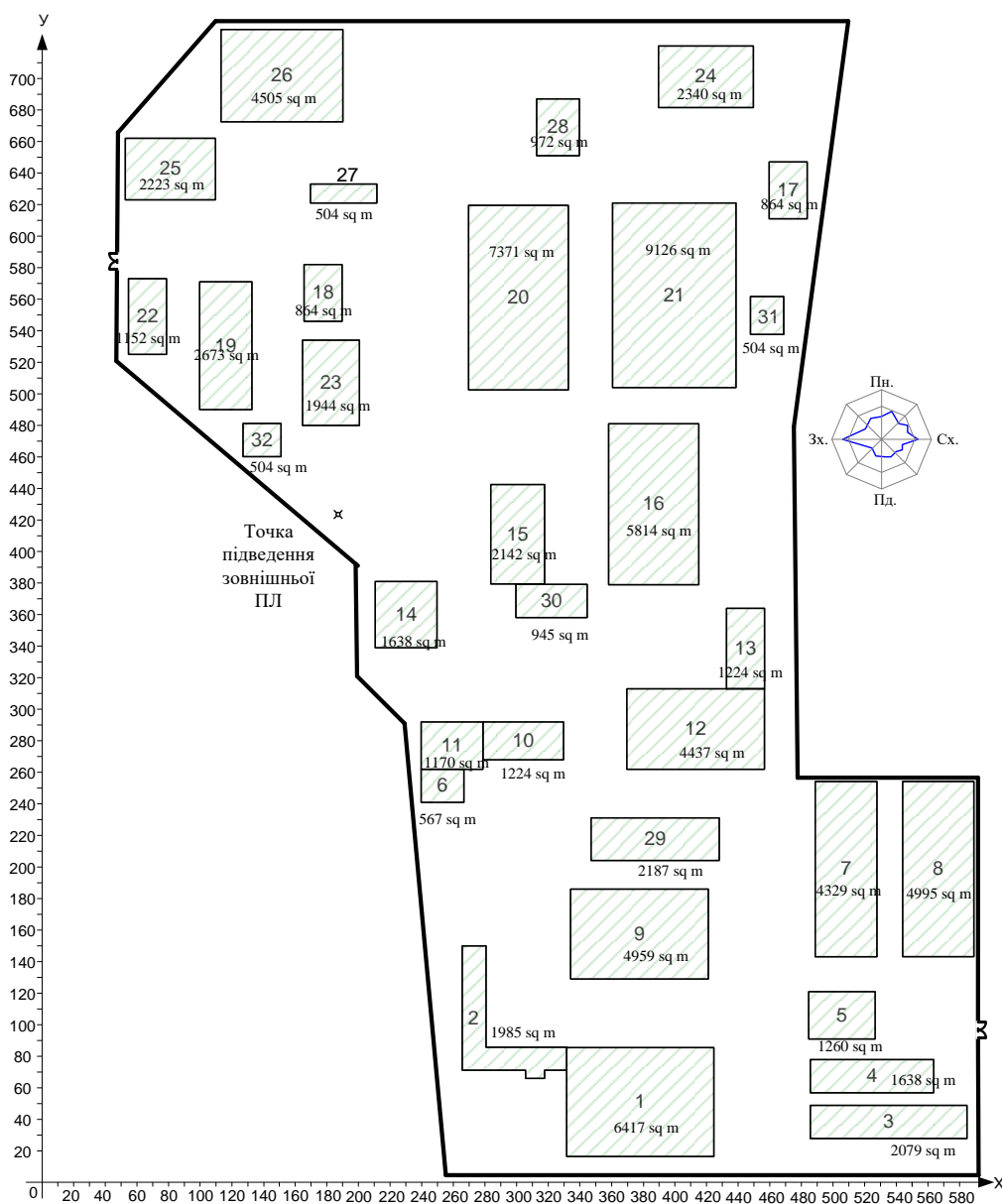


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

Таблиця 1.1 – Найменування та величина навантаження цехів заводу

№	Цех	Рн, кВт
	2	3
1	Відділи: технічний та виробничо диспетчерський	150
2	Заводоуправління	33
3	Гараж	28
4	Цех 9	93
5	Цех 4(в т.ч. мех. від.)	165
6	Дільниця ковальсько-пресова	113
7	Склад металу	31
8	Цех 7	166
9	Бюро технічної документації	18
10	Відділення очистки	77
11	Дільниця гальванічного покриття та травлення деталей	96
12	Їдальня на 500 місць	47
13	Заглиблений склад	28
14	Дільниця пресова	86
15	Відділення плазмового різання, дільниця розкрійно-заготівельна	275
16	Склад готових виробів	26
17	Дільниці: розкрійно-заготівельна, пресова, слюсарно-зварювальна,	11
18	Компресорна	242
19	Будівля автоматичної системи управління виробництвом	43
20	Дільниця слюсарно-складальна	227
21	Дільниці: механічна, слюсарно-ремонтна, електромонтажна	126
22	Склад промислових відходів	31
23	Склад ПДО, ЦС	27
24	Пилорамне відділення	87
25	Блок складів №2	27
26	Блок складів № 1	44
27	Дільниця сушки лісоматеріалів	311
28	Дільниця столярна та ремонтно-будівельна	112
29	Майстерня механічна	107
30	Дільниця вантажна	67
31	Дільниця компресорна	73
32	Прес цех	44

Відстань підприємства до живлячої підстанції енергосистеми рівна 2,6 км.

Тариф за активну електроенергію $t = 5,4324$ грн/кВт*год.

Величина споживаної підприємством вхідної реактивної потужності досягає

$Q_{вх} = 754$ квар.

Час максимальних втрат рівний $\tau_m = 2886,21$ год/рік.

Час використання максимального навантаження $T_m = 4500$ год/рік.

Величина напруги на шинах ЦРП 10 кВ в режимі максимальних навантажень підприємства $U^{\max} = 1,03U_H$ в режимі мінімальних навантажень підприємства $U^{\min} = 1,01U_H$.

1.2 Аналіз методів та пристроїв регулювання напруги в електричних мережах підприємств

Завданням регулювання напруги є ціленаправлена зміна режиму напруги в окремих частинах мережі до певних нормованих параметрів. Режим напруги у місці встановлення трансформаторів, як правило, заздалегідь не відомий, крім того, він може змінюватися внаслідок зміни режимів споживання електроенергії або зміни параметрів електричної мережі. Для регулювання напруги на шинах споживачів з метою забезпечення стабільності технологічних процесів, а значить і якості продукції, що випускається переважно використовуються пристрої, що змінюють коефіцієнт трансформації трансформаторів [4].

Відповідно з ГОСТ 13109-97 [3] та стандартами на трансформатори різних класів напруги та діапазонів потужностей, більшість силових трансформаторів допускають регулювання тобто. зміна або стабілізацію напруги відповідно до заданого режиму на одній або двох обмотках. З цією метою понижуючі трансформатори і автотрансформатори виготовляються з можливістю зміни коефіцієнта трансформації в межах до 16%.

Зміна коефіцієнта трансформації досягається зміною числа витків однієї з обмоток трансформатора, забезпеченої додатковими регульовальними відгалуженнями.

На рисунку 1.2 відгалуження зі знаком «+» дозволяють збільшити число витків обмотки вищої напруги (ВН), а зі знаком «-» зменшити. Основне регульовальне відгалуження двохобмоткового трансформатора, що відповідає

номінальному коефіцієнту трансформації, позначено як «0»; U_{1H} - номінальна напруга первинної обмотки (становище перемикача «0»);

U_{OTB} - напруга, що виникає при холостому ході між висновками обмотки, приєднаної до даного відгалуження, при додатку номінальної напруги до обмотки без відгалужень; w_1 і w_2 - число витків первинної та вторинної обмоток відповідно; U_{2H} - номінальна напруга вторинної обмотки (обмотки нижчої напруги (НН)).

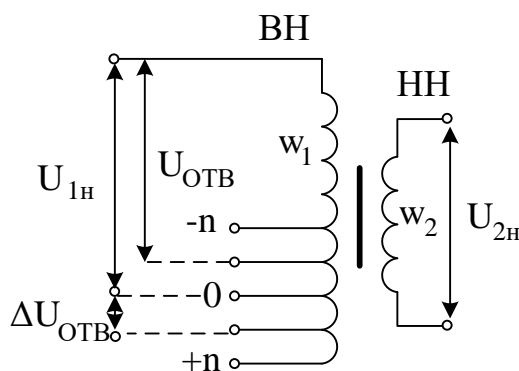


Рисунок 1.2 – Розташування регулювальних відгалужень

Для комутації регулювальних відгалужень служать перемикачі. По конструктивному виконанню перемикаючих пристроїв розрізняють трансформатори з пристроями перемикання без збудження (ПБЗ) та з пристроями регулювання під навантаженням (РПН).

Регулювальні відгалуження двохобмоткових трансформаторів встановлюються на обмотці вищої напруги трансформатора. Це пов'язано з тим, що струм у первинній обмотці менший, ніж у струм у вторинній обмотці, що полегшує роботу перемикаючого пристрою РПН і як наслідок дозволяє виготовляти пристрої РПН з меншими масогабаритами. З метою спрощення розгляду основних принципів регулювання коефіцієнтів трансформації надалі будемо розглядати механізми регулювання в однолінійному виконанні, тобто. однієї фази симетричних трифазних пристроїв.

Висновки:

1. Система електропостачання заводу являється морально та технічно застарілою та характеризується наявністю великої кількості електрообладнання, робота якого негативно впливає на параметри нормальних та аварійних режимів.
2. Важливі елементи електричної мережі можуть бути вдосконалені, що дозволить в свою чергу СЕП краще відповідати параметрам аварійного та післяаварійного режимів роботи.
3. В системі електропостачання заводу наявні не нормовані відхилення рівнів напруги. Як і явища спаду напруги так і явища пов'язані із перенапругами.
4. Зважаючи на наявні економічні та технічні параметри діючої СЕП ДП «45 ЕМЗ» можна зробити висновок що оптимізація СЕП являється актуальною задачею для даного заводу.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Задачу розрахунку силових активних та реактивних навантажень цехів та підприємства в цілому виконаємо за допомогою методу коефіцієнтів використання k_v та попиту k_n [8].

Для наочності отриманого результату розрахунок силових активних та реактивних навантажень цехів та підприємства в цілому заносимо в табличну форму, яка представлена на рисунку 2.1.

Розрахунок необхідних величин режиму електропостачання здійснюємо за наступними формулами:

Коефіцієнт реактивної потужності:

$$\operatorname{tg}(\varphi) = \operatorname{tg}(\arccos(\varphi)) . \quad (2.1)$$

Розрахункова активна потужність освітлення:

$$P_{po} = F \cdot k_{po} \cdot k_{пра} \cdot P_{пито} . \quad (2.2)$$

Розрахункова реактивна потужність освітлення:

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \operatorname{tg}(\varphi_o) , \quad (2.3)$$

де $\operatorname{tg}(\varphi_o)$ - коефіцієнт реактивної потужності освітлення.

Середня активна потужність:

$$P_c = k_v \cdot P_n + P_{po} . \quad (2.4)$$

Середня реактивна потужність:

$$Q_c = k_v \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po} . \quad (2.5)$$

Середня повна потужність:

$$S_c = \sqrt{P_c^2 + Q_c^2} . \quad (2.6)$$

Середній струм:

$$I_c = \frac{S_c}{\sqrt{3} \cdot U}. \quad (2.7)$$

Розрахункова активна потужність:

$$P_p = k_{\Pi} \cdot P_H + P_{po}. \quad (2.8)$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_p = k_{\Pi} \cdot P_H \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po}. \quad (2.9)$$

Розрахункова повна потужність:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.10)$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U}. \quad (2.11)$$

Питома густина навантажень:

$$\rho = \frac{S_p}{F}. \quad (2.12)$$

Сумарна середня активна потужність:

$$P_{c\Sigma} = \sum_1^N P_c, \quad (2.13)$$

де N – кількість цехів.

Сумарна середня реактивна потужність:

$$Q_{c\Sigma} = \sum_1^N Q_c. \quad (2.14)$$

Сумарна середня повна потужність:

$$S_{c\Sigma} = \sqrt{P_{c\Sigma}^2 + Q_{c\Sigma}^2}. \quad (2.15)$$

Сумарна розрахункова активна потужність освітлення:

$$P_{po\Sigma} = \sum_1^N P_{po}. \quad (2.16)$$

Сумарна розрахункова реактивна потужність освітлення:

$$Q_{po\Sigma} = \sum_1^N Q_{po} \cdot \quad (2.17)$$

Сумарна розрахункова активна потужність:

$$P_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N k_{п} \cdot P_{п} + P_{po\Sigma} \cdot \quad (2.18)$$

Сумарна розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N P_{п} \cdot K_{п} \cdot tg + Q_{po\Sigma} \cdot \quad (2.19)$$

Сумарна розрахункова повна потужність:

$$S_{p\Sigma} = \sqrt{P_{p\Sigma}^2 + Q_{p\Sigma}^2} \cdot \quad (2.20)$$

Сумарна питома густина навантажень:

$$\rho_{\Sigma} = \frac{S_{p\Sigma}}{F_{\Sigma}} \quad (2.21)$$

На рисунку 2.1 представлена автоматизована таблична форма розрахунку активних та реактивних навантажень цехів та підприємства в цілому. Для підприємства величина повного середнього навантаження склала $S_{c\Sigma} = 2807,39$ кВА, а величина повної розрахункової потужності з урахуванням в розрахунках коефіцієнта одночасності $S_{p\Sigma} = 3383,98$ кВА.

2.2 Оптимізація виконання задачі спорудження цехових ТП

Для розрахунку оптимальної кількості ЦТП необхідно слідувати наступним вимогам [8]:

- основним критерієм при виборі потужності та комплектації ЦТП повина бути величина приведених річних затрат в СЕП підприємства;
- для СЕП підприємства доцільно задіяти не більше дві (максимум три) стандарті потужності трансформаторів для паралельної роботи.

Вибір потужності цехових ТП доцільно вибирати за допомогою величини густини навантаження по території підприємства.

Згідно ПУЕ [1] кількість трансформаторів ЦТП повинна відповідати категорії надійності споживача.

На рисунку 2.2 представлено яким чином здійснено розподіл навантаження цехів підприємства між чотирма трансформаторними підстанціями.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність Pp, кВт	Розрахункова реактивна потужність Qr, кВА	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pс, кВт	Середня реактивна потужність Qс, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
1									
2		1	Відділ: технічний та вироб.	97,67568	80,804844	126,7673509	75,17568	54,499429	92,852413
3		2	Заводоуправління	38,35975	22,830693	44,639791	33,40975	19,118193	38,493073
4		3	Гараж	38,04031	19,279396	42,64692602	32,44031	15,808828	36,087293
5		4	Цех 9	82,93782	56,495263	100,3513661	64,33782	42,545263	77,132707
6		5	Цех 4(в т.ч. мех. від.)	129,6372	92,703996	159,3732553	96,6372	67,953996	118,13761
7		7	Склад металу	69,668995	33,192809	77,17208965	65,018995	30,310998	71,737203
8		8	Цех 7	181,6428	240,21173	301,1574037	148,4428	182,70764	235,40889
9		9	Бюро технічної документації	61,03998	31,125191	68,51756489	59,23998	28,725191	65,83701
10		29	Майстерня механічна	69,55	81,31296	107	64,2	75,058117	98,769231
11			Всього по ТП1	768,55254	657,95688	1011,721432	638,90254	516,72766	821,70793
12		6	Дільниця ковальсько-пресова	85,46174	72,495191	112,068112	62,86174	52,563865	81,942408
13		10	Відділення очистки	69,8676	105,2365	126,3178646	50,6176	71,894524	87,925901
14		11	Дільниця гальванічного пок.	85,5135	79,265497	116,6000762	61,5135	54,7806	82,370048
15		12	Палляна на 500 місць	45,33648	29,916413	54,31747591	38,28648	21,67405	43,99567
16		13	Заглиблений склад	30,53328	28,30531	41,6349827	26,33328	22,70531	34,770286
17		14	Дільниця пресова	51,69728	59,673583	78,9528043	38,79728	40,085176	55,785753
18		15	Відділення плазмового різання	113,9215	105,79339	155,4681596	72,6715	63,709968	96,644229
19		16	Склад готових виробів	69,9609	35,075187	78,26107763	66,0609	32,150187	73,468885
20		30	Дільниця вантажна	33,5	44,666667	55,83333333	33,5	44,666667	55,833333
21			Всього по ТП2	585,79228	560,42774	810,6983679	450,64228	404,23035	605,37644
22		18	Компресорна	178,80896	109,03054	209,4285168	142,50896	86,533824	166,72404
23		19	Будівля автоматичної системи	46,30897	25,416857	52,8255367	39,85897	20,579357	44,858081
24		22	Склад промислових відходів	31,77888	37,883063	49,44718099	27,12888	29,829027	40,320553
25		23	Склад ПДО, ЦПС	35,4456	36,334831	50,76032416	31,3956	29,320025	42,957509
26		25	Блок складів №2	35,7624	27,351731	45,02295444	31,7124	22,616756	38,951174
27		26	Блок складів №1	56,133	43,65021	71,10734514	49,533	35,933955	61,194503
28		27	Дільниця сушки лісоматеріалу	176,70488	176,9375	250,0629813	130,05488	129,34498	183,42409
29		31	Дільниця компресорна	45,80488	55,964932	72,31984939	42,15488	51,098265	66,242483
30			Всього по ТП3	606,74757	512,56967	794,2734298	494,34757	405,25619	639,22774
31		17	Дільниця: розкрійно-заготів.	9,0024	6,3101595	10,99369451	7,3524	4,3810958	8,5587257
32		20	Дільниця слюсарно-складаль.	252,95262	234,60643	345,0002988	207,55262	181,52795	275,73626
33		21	Дільниця: механічна, слюсар.	186,52653	178,64145	258,2729441	167,62653	145,99569	222,23214
34		24	Пилорамне відділення	77,6826	90,222236	119,0572897	64,6326	70,406057	95,573981
35		28	Дільниця столярна та ремонт.	88,98508	96,211341	131,0532969	72,18508	76,569965	105,23139
36		32	Прес цех	27,48856	28,080931	39,29579636	25,28856	25,508846	35,919528
37			Всього по ТП4	642,63779	634,07255	902,7908544	544,63779	504,2996	742,25899

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між ЦТП

Вибір оптимальної потужності ЦТП здійснюємо за допомогою наступної математичної моделі автоматизовано пошуку:

$$3(S_T) = B_{ТП}(S_{ТП}) + B_B(S_{ТП}), \quad (2.22)$$

де $B_{ТП}(S_{ТП})$ - приведена вартість капіталовкладень протягом календарного року;

$B_B(S_{ТП})$ - вартість втрат електричної енергії протягом календарного року.

$$B_{\text{ТП}}(S_{\text{ТП}}) = (E_a + E_c) \cdot k_{\text{ТП}}(S_T, k_T), \quad (2.23)$$

де $k_{\text{ТП}}(S_T, k_T)$ – капіталовкладення в ТП в залежності від потужності S_T та кількості k_T трансформаторів.

$$B_B(S_T) = [\Delta P_{\text{XX}}(S_T) + \Delta P_{\text{КЗ}}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.24)$$

де $\Delta P_{\text{XX}}(S_T)$ – активні втрати холостого ходу в трансформаторі потужністю S_T ;

$\Delta P_{\text{КЗ}}(S_T)$ – активні втрати короткого замикання в трансформаторі потужністю S_T ;

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора;

B_0 - питома вартість втрат електроенергії.

$$Z(S_T) = (E_a + E_c) \cdot k_{\text{ТП}}(S_T, k_T) + [\Delta P_{\text{XX}}(S_T) + \Delta P_{\text{КЗ}}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.25)$$

Критерієм оптимальності в даній задачі є мінімум річних приведених затрат.

Запишемо обмеження, які накладаються на керовану змінну:

$$S_T \cdot k_T \cdot k_n \geq S_{\text{ТП}} \quad (2.26)$$

$$k_T > 1 \Rightarrow S_T \cdot k_{\text{па}} \geq S_{\text{ТП}} \cdot k_{\text{ппа}} \quad (2.27)$$

Втрати активної потужності:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{\text{XX}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{КЗ}} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{\text{ном.тр}}} \right)^2 \quad (2.28)$$

Втрати реактивної потужності:

$$\Delta Q_{\text{тр}} = n \cdot \frac{I_{\text{XX}}}{100} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{\text{КЗ}}}{100} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{\text{ном.тр}}} \right)^2 \quad (2.29)$$

Таблична форма для автоматизованого пошуку оптимальної потужності ЦТП відповідно математичній моделі (2.25) – (2.27) представлена на рисунку 2.3.

Отже на території підприємства для живлення цехів доцільно встановити 4 трансформаторні підстанції з трансформаторами 2x1000 кВА.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	1011,721				
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	821,7079				
5	Кількість трансформаторів										kt=	2				
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
7	Дані післяаварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3				
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,75				
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	15679,05				
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1				
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPлс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	95,78	13,02608	165,052	0,48	165,532	2595,384	---		---	---	---	
17		100	1,97	0,33	101,71	13,83256	100,8227	0,66	101,4827	1591,151	---		---	---	---	
18		160	3,1	0,51	109,45	14,8852	61,97459	1,02	62,99459	987,695	---		---	---	---	
19		250	4,2	0,74	119,46	16,24656	34,3923	1,48	35,8723	562,4434	---		---	---	---	
20		400	5,9	0,95	143,38	19,49968	18,87226	1,9	20,77226	325,6892	---		---	---	---	
21		630	8,5	1,31	159,53	21,69608	10,96048	2,62	13,58048	212,929	234,6251		+	+	+	
22	V	1000	10,5	2,1	188,23	25,59928	5,373796	4,2	9,573796	150,108	175,7073	V	+	+	+	
23		1600	18	2,8	234	31,824	3,598524	5,6	9,198524	144,2241	176,0481		+	+	+	
24		2500	23,5	3,85	267,73	36,41128	1,924331	7,7	9,624331	150,9003	187,3116		+	+	+	
25										Змін=	175,7073					
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	1000				

Рисунок 2.3 – Вибір потужності ТП1

В таблиці 2.1 наведені результати автоматизованого вибору для інших ТП.

Таблиця 2.1 - Результати автоматизованого вибору потужності ТП

№ ТП	Марка ТП	Потужність, кВА	Кількість ТП	Доля нав. в п.а.	Вартість ТП, тис. грн
ТП-1	ТМ - 1000	1000	2	0,75	175,7073
ТП-2	ТМ - 1000	1000	2	0,8	145,5513
ТП-3	ТМ - 1000	1000	2	0,75	143,3814
ТП-4	ТМ - 1000	1000	2	0,85	158,5406

2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення

Підприємство споживає електричну енергію від підстанції системи 110/10, яка віддалена від ЦРП підприємства на відстань 2600 м. В мережах підприємства доцільно використати радіальну схему підключення цехових трансформаторних

підстанцій до центрального розподільчого пункту на напрузі 10 кВ оскільки дана конфігурація мережі дозволяє досягти менші значення перетоків потужності.

Електричні мережі 10 кВ підприємства ДП «45 ЕМЗ» виконані кабельними лініями живлення прокладених в траншеях у відповідних зонах території підприємства.

Згідно нормативних документів та державних стандартів усі електричні апарати повинні бути вибрані та перевірені за їх характером установки та принципів роботи, а також пройти перевірку на термічну та динамічну стійкість до струмів короткого замикання.

Електричні мережі підприємства ДП «45 ЕМЗ» виконанні броньованими кабелями з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭБВ-10 прокладені в траншеї трикутником.

Визначаємо переріз провідників для живлення ЦРП:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}} ; \quad (2.30)$$

$$204,8 \text{ (A)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 250 = 248,277 \text{ (A)}.$$

поправочні коефіцієнти які враховують специфіку навколишнього середовища:

k1 - при температурі зовнішнього середовища;

k2 - в залежності від глибини прокладання;

k3 - в залежності від теплового опору ґрунту;

k4 - в залежності від відстані між фазами;

k5 - в залежності від прокладених поруч кабелів;

k6 - при прокладанні в трубах і каналах.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Початкові дані										ПЛ									
Економічні характеристики																			
Питома вартість втрат, грн/кВТ										В _{0п} = 15679,0459					G3 = B0				
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										E _{0п} = 0,1					G3 = E_e				
Коефіцієнт врахувань на амортизацію										E _{2п} = 0,03					G3 = E_a				
Нормальний режим																			
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в ряді										Kдоп = 1					G7 = Kдоп				
Напруга, кВ										U = 10					G8 = U				
Довжина ПЛ, км										L = 2,6					G9 = L				
Активна розрахункова потужність, кВт										P = 2547,882922					G10 = P				
Реактивна потужність, квар										Q = 2470,260231					G11 = Q				
Розрахунковий струм окремого кабелю, А										Iп = 102,444672					G12 = Iп				
Кількість ПЛ										k = 2					G13 = k				
Мінімально допуст. переріз ПЛ за умовою метал.										F _{мет} = 50					G14 = F _{мет}				
Допустима втрата напруги в ПЛ, %										ΔUдоп = 5					G15 = ΔUдоп				
Аварійний режим																			
Струм КЗ на початку лінії, кА										Iкз = 3,358547272					G16 = Iкз				
Приведений час КЗ, с										tп = 1,5					G17 = tп				
Тепловий коефіцієнт C, (А°С/(L/2))/мм²										C = 90					G18 = C				
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм²										Fкз = 45,70403941					G19 = Fкз				
Після аварійний режим																			
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження										Kма = 1					G21 = Kма				
Доля навантаження в післяаварійному режимі										Kма = 0,78					G22 = Kма				
Допустима втрата напруги в ПЛ, %										ΔUдоп = 5					G23 = ΔUдоп				
Таблиця характеристик кабелів																			
F, мм²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	Iдоп, А	d _ш , %	d _{на} , %	K ₀ , тис.грн/км	dF, кВт	K	E*K, т.грн	Vв, т.грн	3, т.грн	Доп	Kдоп* Iдоп >= Iп	Kма* Kдоп >= Kма* Iп* Kл	ΔUш <= ΔUдоп	ΔUна <= ΔUдоп	F >= F _{мет}	F >= F _{кз}	
27	10	0,412313	84	10,48979423	16,33777676	0	432,8312	0	0	7100,2748	-	недоп	-	-	-	-	-	-	
28	16	0,398339	111	7,243982923	11,30278616	49,086	294,80083	137,6236	16,391069	4423,1363	-	недоп	+	+	-	-	-	-	
29	25	0,385459	142	5,132137838	8,007692027	50,589	192,32544	131,2814	17,089082	3018,7719	-	недоп	+	+	-	-	-	-	
30	35	0,378144	173	3,814867288	5,831488864	52,369	129,33923	136,1594	17,700722	2027,8165	-	недоп	+	+	-	-	-	-	
31	50	0,364764	210	3,168866647	4,943119693	54,254	89,72927	141,0604	18,337932	1347,8907	1566,229	доп	+	+	+	+	+	+	
32	70	0,35398	263	2,554390241	3,984848777	58,617	70,072421	132,4042	19,812546	1098,6687	1118,481	доп	+	+	+	+	+	+	
33	95	0,343369	330	2,128471163	3,321975018	63,873	50,733389	166,0698	21,289074	793,76471	817,3338	доп	+	+	+	+	+	+	
34	120	0,333926	390	1,908833764	2,974606871	67,847	40,930152	176,6822	22,866086	641,74374	664,7118	доп	+	+	+	+	+	V	
35	150	0,323845	450	1,717739376	2,679873426	0	32,580401	0	0	310,82861	-	недоп	+	+	+	+	+	+	
36	185	0,312287	520	1,559289606	2,432460585	0	23,867856	0	0	405,2833	-	недоп	+	+	+	+	+	+	
37	240	0,3123874	605	1,412048072	2,202798552	0	19,878914	0	0	315,17192	-	недоп	+	+	+	+	+	+	
38	300	0,099	710	1,314634141	2,030828259	0	16,20834	0	0	234,12131	-	недоп	+	+	+	+	+	+	
39																			
40																			
41																			
42																			
43																			
44																			
45																			
46																			
47																			
48																			

Рисунок 2.4 – Вибір кабельної лінії живлення ЦРП

Для живлення ЦРП обрано кабель АПВЭБВ-10 перерізом 3x120 мм² з Iдоп = 210 А [10]. Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 2.2.

Високовольтні вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням після аварійних режимів.

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}, \tag{2.31}$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}}, \tag{2.32}$$

Визначимо I_{max} для нормального та післяаварійного режиму для ТП 1:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1011,721}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 31,3 \text{ (А)};$$

$$I_{pa} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1011,721}{\sqrt{3} \cdot 10} = 62,6 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 10} = 75 \text{ (А)}.$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВБЭ-М-10-20/630. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А} > I_{\text{м.ав}}$ для всіх приєднань. Власний час відключення вимикача 0,075 с.

Таблиця 2.2 Вибір високовольтного обладнання СЕП

Лінія	I_p , А	$I_{па}$, А	Вимикач	$I_{ном}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{доп}$, А
С-ЦРП	102,4	204,8	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×120	250
ЦРП-ТП-1	31,3	75	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×25	119
ЦРП-ТП-2	23,4	75	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×25	119
ЦРП-ТП-3	23	75	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×25	119
ЦРП-ТП-4	26,1	75	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×25	119

2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП

Для здійснення оптимального вибору місця встановлення центрального РП 10 кВ потрібно використати критерій мінімуму загальних приведених затрат в СЕП протягом року.

Центр електричного навантаження – це місце розташування на генеральному плані підприємства, для якого розташування ЦРП веде до мінімальному значенні річних приведених затрат.

Трансформаторні підстанції підприємства отримують живлення по радіальній схемі від ЦРП, яке підєднана до підстанції, тому доцільно встановити ЦРП в самому центрі електричного навантаження.

Для проектного рішення величиною оптимального вибору являються значення мінімальних затрат на спорудження нової СЕП підприємства. Мінімум затрат на спорудження та обслуговуванням СЕП – служать критерієм оптимальності при виборі основних елементів СЕП.

Отже для вибору оптимального місця спорудження ЦРП використаємо наступну математичну модель:

$$\begin{aligned}
Z(x_0, y_0) = & \left[(E_e + E_{аж}) \cdot (a_{ж} + K_0(F_{ж})) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(F_{ж}) \cdot B_0 \right] \cdot k_{ж} \cdot L_{ж} + \\
& + \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i)) + 3 \cdot I^2 \cdot R_0(F_i) \cdot B_0 \cdot k_i \right] \cdot L_i \rightarrow \min, \quad (2.33) \\
& X_{\min} \leq X_0 \leq X_{\max}, \\
& Y_{\min} \leq Y_0 \leq Y_{\max}.
\end{aligned}$$

де $Z(x_0, y_0)$ - річні приведені затрати;

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

L_i - довжина i -тої розподільної лінії;

$X_0; Y_0$ - координати центру мережі;

Автоматизована таблична форма для вибору координат спорудження ЦРП за критерієм мінімумом річних приведених затрат наведена на рисунку 2.5.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
2	Технічні характеристики мережі												
3	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ									U _ж =	10		
4	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)									МетрикаЖ =	Е		
5	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)									МетрикаР =	НЕ		
6													
7	Економічні характеристики мережі												
8	Питома втрата, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км									a=	5		
9	Питома втрата, які не залежать від перерізу зовнішньої ПЛ тис.грн/км									аж=	11		
10	Питома вартість втрат, грн/кВт									Bo=	15679,05		
11	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Ee=	0,1		
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію									Ea=	4,00%		
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії									Eаж=	3,00%		
14													
15													
16	Ліній живлення	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	R ₀ , Ом/км	K ₀ , т.грн/км	L, м	Z, тис. грн	
17	ЖЛ	187,5	423,3	120	2	2547,88	2470,26	102,44	0,250	67,947	0,00	0,000	
18	ТП1	495,2	125,8	120	2	778,1263	716,6643	30,54	0,258	82,823	605,20	28,157	
19	ТП2	295	329,2	120	2	593,4427	608,1447	24,53	0,258	82,823	201,60	7,760	
20	ТП3	159,7	549,2	120	2	614,2596	559,4958	23,99	0,258	82,823	153,70	5,818	
21	ТП4	347,3	516,1	95	2	651,1167	686,5235	27,31	0,326	65,451	252,60	10,586	
22	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											52,321	
23	Координати ЦЕМ, м									X ₀ =	188	Y ₀ =	423

Рисунок 2.5 – Таблична форма визначення центру мережі

Автоматизований розрахунок оптимального місця спорудження ЦРП по вхідним даним вказує на те, що доцільним для даного підприємства встановити ЦРП за координатами $x=188$ м; $y=423$ м при цьому річні затрати рівні 52,321 тис. грн..

На рисунку 2.6 зображено генеральний план підприємства з розміщеними на ньому ТП та ЦРП, а також розподілу цехів між трансформаторами.

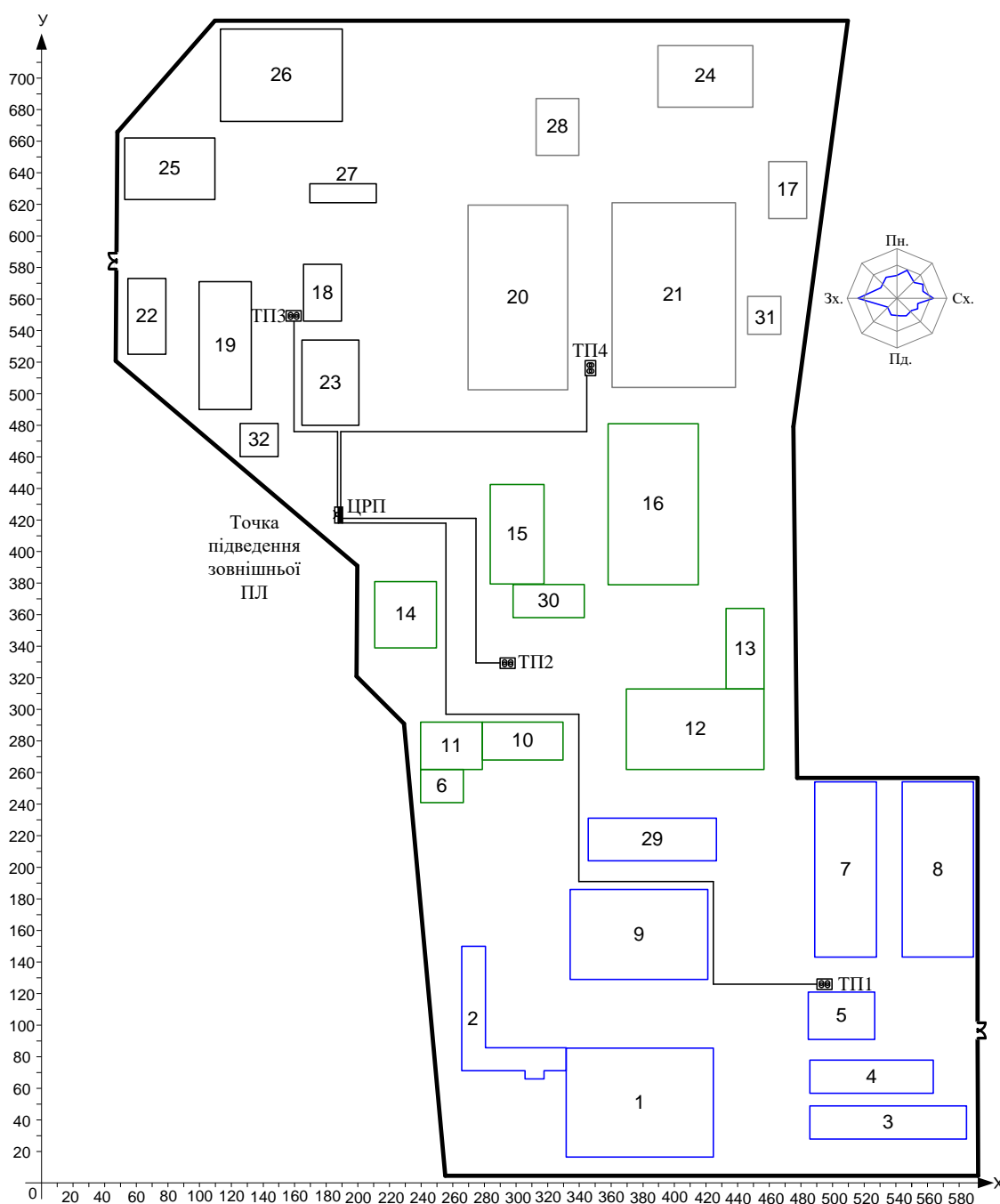


Рисунок 2.6 – Розміщення ЦРП та ЦТП

Отже побудовано картограму електричних навантажень. Оптимальні координати розміщення ЦРП: $X_0 = 188$ м та $Y_0 = 423$ м.

2.5 Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв

Розрахунок потужності компенсуючих пристроїв полягає у тому, щоб знайти величину реактивної потужності кожного вузла трансформаторних підстанцій яка буде скомпенсована пристроєм КРП. Для виконання даної задачі необхідно знайти різницю між розрахунковою реактивною потужністю ТП та вхідною реактивною потужністю та розподілити отриману різницю між вузлами трансформаторних підстанцій.

На рисунку 2.7 представлена схема заміщення спроектованої СЕП. На рисунку 2.8 представлена однолінійна схема електропостачання.

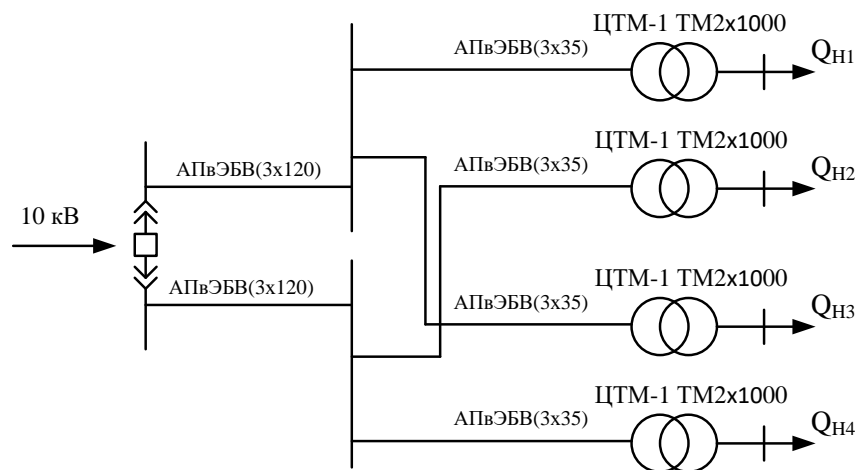


Рисунок 2.7– Однолінійна схема електропостачання

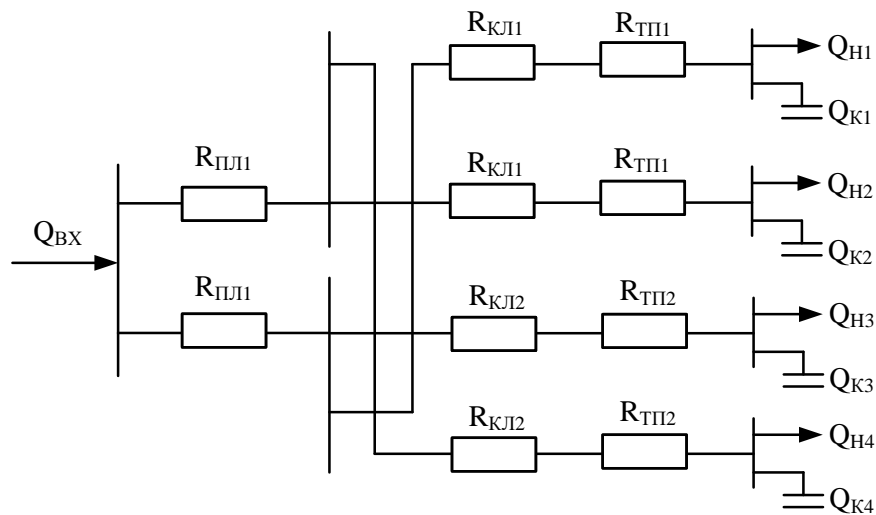


Рисунок 2.8 – Схема заміщення мережі електропостачання підприємства

Математична модель балансової задачі оптимальної КРН [8] має вигляд:

$$\begin{cases} 3(Q_K) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n \left[(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{КЛі} + R_{Ті}) \right] \rightarrow \min_{Q_K}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1,2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - Q_{ВХ} \end{cases} \quad (2.34)$$

ПЕР – річні приведені затрати.

де B_0 – питома вартість втрат активної потужності;

U – номінальна напруга, до якої приведені активні опори схеми заміщення;

$Q_{ВХ}$ – вхідна реактивна потужність.

Виконати розрахунок доцільно за допомогою САПР MathCad. Для виконання даної задачі відповідно математичній моделі (2.34) було створено комп'ютерну модель на робочому листі MathCad рисунок 2.9.

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ: $U := 10$

Вхідна реактивна потужність, квар: $q_{вх} := 754$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_e := 0.1$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію: $E_a := 0.04$

Питома вартість КУ: $B_{к0} := 100$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар: $\Delta P_k := 4.5$

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт: $B_0 := 15679.05$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км

$r_{01} := 0.326$ $r_{02} := 0.326$ $r_{03} := 0.326$ $r_{04} := 0.443$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км

$L_{кл1} := 0.605$ $L_{кл2} := 0.201$ $L_{кл3} := 0.154$ $L_{кл4} := 0.263$

Опори трансформаторів, Ом

$r_{т1} := 1.05$ $r_{т2} := r_{т1}$ $r_{т3} := r_{т1}$ $r_{т4} := r_{т1}$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:

$q_{н1} := 716.664$ $q_{н2} := 608.144$ $q_{н3} := 559.495$ $q_{н4} := 686.523$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$q_{к1} := 100$ $q_{к2} := 100$ $q_{к3} := 100$ $q_{к4} := 100$

Довжина та питомий опір ліній живлення:

$l_{ж} := 2.6$ $r_{ж0} := 0.25$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом

$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.65$

Опір розподільних ліній живлення, Ом

$r_{л1} := r_{01} \cdot L_{кл1} = 0.197$ $r_{л3} := r_{03} \cdot L_{кл3} = 0.05$

$r_{л2} := r_{02} \cdot L_{кл2} = 0.066$ $r_{л4} := r_{04} \cdot L_{кл4} = 0.117$

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$Z(q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}, q_{к4}) := \frac{B_0}{U^2 \cdot 1000} \left[\begin{aligned} & (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{т1} + r_{л1}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{т2} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н3} - q_{к3})^2 \cdot \left(\frac{r_{т3} + r_{л3}}{2} \right) \dots \\ & + (q_{н4} - q_{к4})^2 \cdot \left(\frac{r_{т4} + r_{л4}}{2} \right) \dots \\ & + \left(\frac{q_{н1} + q_{н2} + q_{н3} \dots}{+ q_{н4} - q_{к1} - q_{к2} - q_{к3} - q_{к4}} \right)^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{aligned} \right] + [(E_e + E_a) \cdot B_{к0} + B_0 \cdot \Delta P_k] \cdot (q_{к1} + q_{к2} + q_{к3} + q_{к4})$$

Given обмеження

$q_{к1} \geq 0$ $q_{к2} \geq 0$ $q_{к3} \geq 0$ $q_{к4} \geq 0$

$(q_{н1} + q_{н2} + q_{н3} + q_{н4}) - (q_{к1} + q_{к2} + q_{к3} + q_{к4}) = q_{вх}$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_k := \text{Minimize}(Z, q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}, q_{к4}) = \begin{pmatrix} 542.169 \\ 413.037 \\ 361.679 \\ 499.941 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, гон

$$Z(q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}, q_{к4}) = 2.858 \times 10^7$$

Перевірка, квар

$(q_{н1} + q_{н2} + q_{н3} + q_{н4}) - (q_{к1} + q_{к2} + q_{к3} + q_{к4}) = 754.001$ $q_{вх} = 754$

Визначаємо потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{КУ} := \frac{q_k}{2} = \begin{pmatrix} 271.084 \\ 206.518 \\ 180.84 \\ 249.97 \end{pmatrix}$$

Рисунок 2.9 – Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

Розрахунок показав що для ДП «45 ЕМЗ» необхідно використати автоматично регульовані конденсаторні установки УКР-0,4 відповідних потужностей відносно ТП де вони будуть встановлені [9]:

ЦТП1: 2 КУ типу УКР 0,4-300/50; ЦТП2: 2 КУ типу УКР 0,4-200/50; ЦТП3: 2 КУ типу УКР 0,4-175/25; ЦТП4: 2 КУ типу УКР 0,4-250/50.

2.6 Релейний захист мережі та автоматика

Струмова відсічка. Виконаємо ахист КЛ 10 кВ для ділянки ЦРП-ТП1.

Струмова відсічка виконується двофазною дворелейною схемою зі струмовими реле типу РНМ-1-40.

Струм спрацьовування струмової відсічки:

$$I_{\text{св}} = k_{\text{нКЛ}} \cdot k_{\text{нТр-р}} \cdot I_{\text{к max ВН}}^{(3)} = k_{\text{нКЛ}} \cdot k_{\text{нТр-р}} \cdot \frac{100}{U_{\text{кТр-р}}} \cdot I_{\text{ном.Тр-р}}, \quad (2.35)$$

де $I_{\text{к max ВН}}^{(3)}$ – максимальне значення струму трифазного КЗ за трансформатором, тобто поза зоною дії відсічки, приведені до сторони ВН, А;

$k_{\text{н}}$ – коефіцієнт надійності, значення якого залежать від типу використаних струмових реле: 1,3—1.4 – для реле типу РНМ-1-40;

$I_{\text{ном.Тр-р}}$ – номінальний струм трансформатора на ВН ($I_{\text{ном.Тр-р}} = 38,5$ А);

$U_{\text{кТр-р}}$ – напруга короткого замикання трансформатора ($U_{\text{кТр-р}} = 5,5\%$).

$$I_{\text{св}} = 1,3 \cdot 1,3 \cdot \frac{100}{5,5} \cdot 38,5 = 1183 \text{ (А)},$$

Струм спрацювання реле визначається з виразу:

$$I_{\text{сп}} = \frac{I_{\text{св}}}{n_{\text{ТС}}} = \frac{1183}{20} = 59,15 \text{ (А)},$$

де $n_{\text{ТС}}$ – коефіцієнт трансформації трансформатора струму ТС рівний 100/5.

Струмової відсічки трансформатора 1000 кВА ТПЗ, тобто обрати ступінь селективності спрацювання більше – 0,5с:

$$t_{\text{сзКЛ}} = t_{\text{свТр-р}} + \Delta t' = 0,0 + 0,5 = 0,5(\text{с}).$$

Реле часу приймається типу ЭВ-114 з межею уставок за часом 0,1 – 1,3 с.

Для початку визначимо струм трифазного КЗ.

Схема заміщення для такого розрахунку зображена на рисунку 2.10.

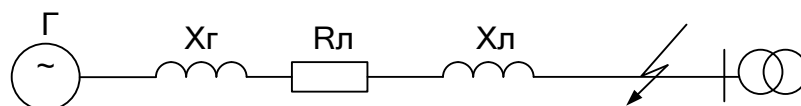


Рисунок 2.10 – Схема заміщення для розрахунку с.к.з.

$$I_{\text{кз}} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z}, \quad (2.36)$$

де U – напруга, кВ;

Z – повний сумарний опір живлячої лінії та системи, Ом.

$$Z = \sqrt{R_{\text{л}}^2 + (X_{\text{л}} + X_{\text{г}})^2}, \quad (2.37)$$

$$X_{\text{г}} = \frac{x_{\text{д}} \cdot U_{\text{сп}}^2}{S_{\text{ном.г}}}, \quad (2.38)$$

$$X_{\text{г}} = \frac{0,121 \cdot 6,3^2}{7,5} = 0,64 \text{ (Ом)},$$

$$Z = \sqrt{0,024^2 + (0,0047 + 0,64)^2} = 0,645 \text{ (Ом)},$$

$$I_{\text{кз}} = \frac{1,05 \cdot 6300}{\sqrt{3} \cdot 0,645} = 5959 \text{ (А)},$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к}}^{(2)}}{I_{\text{сз}}} = \frac{0,865 \cdot 5959}{1183} = 4,35 > 1,5.$$

Максимальний струмовий захист

Схема максимального струмового захисту приймається двофазною з трьома реле типу РТ40 (КА1, КА2, КА3) (рисунок 1.8).

Уставка по струму вибирається з умов:

а) неспрацьовування захисту при післяаварійних перевантаженнях по виразу:

$$I_{\text{сз}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сзп}} \cdot I_{\text{робmax}}}{k_{\text{пов}}} \quad (2.39)$$

$k_{\text{сзп}}$ - коефіцієнт самозапуску навантаження ($k_{\text{сзп}} = 3$);

$k_{\text{пов}}$ - коефіцієнт повернення реле ($k_{\text{пов}} = 0,8$).

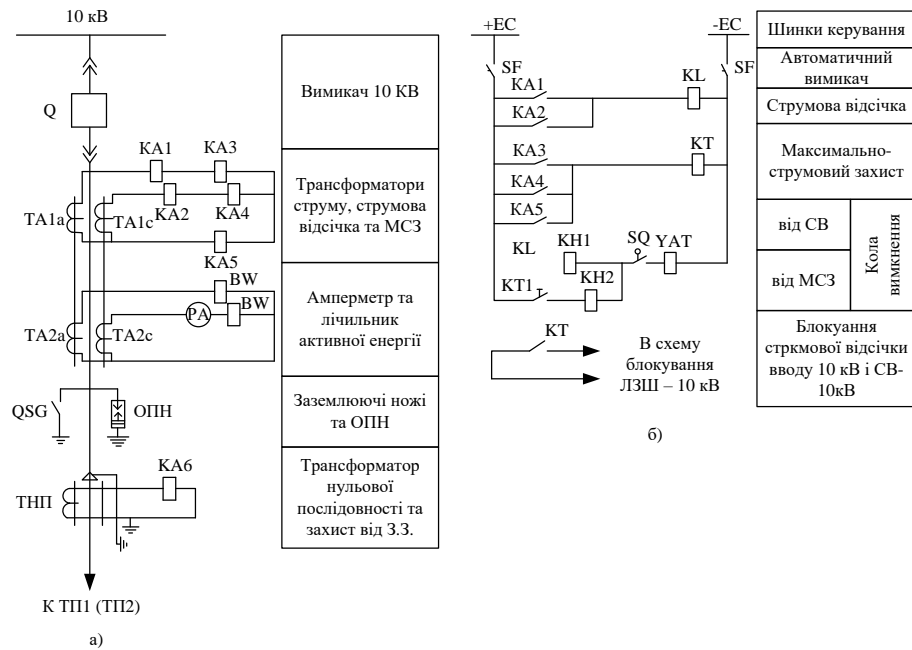


Рисунок 2.11 - Схема захисту кабельної лінії 10-6)кВ: а) пояснююча схема;
б) оперативні ланцюги.

$$I_{сз} = \frac{1,3 \cdot 3,0 \cdot 1,4 \cdot 72,83}{0,8} = 497,06 \text{ (А)}.$$

б) за узгодженням з попереднім захистом:

$$I_{сз} = k_{нс} \cdot I_{сзГр} = 1,3 \cdot 497,03 = 646,18 \text{ (А)}.$$

Приймається уставка $I_{сз} = 646,18 \text{ (А)}$.

в) визначається чутливість захисту при двофазному КЗ на шинах 10 кВ ТП1 в мінімальному режимі системи:

$$k_{ч} = \frac{I_{к}^{(2)}}{I_{сз}} = \frac{0,865 \cdot 5959}{646,18} = 7,97 > 1,5.$$

г) струм спрацьовування реле визначається по виразу:

$$I_{сп} = \frac{I_{сз}}{n_{ТС}} = \frac{646,18}{20} = 32,3 \text{ (А)},$$

де $n_{ТС}$ – коефіцієнт трансформації трансформаторів струму прийнятий рівним 100/5.

Приймається реле типу РНм-1-40/100.

д) час спрацьовування захисту визначається за узгодженням з МСЗ трансформаторів ТП1, що має час спрацьовування – 1,2с.

$$t_{\text{сзКЛ}} = t_{\text{сзМСЗтр}} + \Delta t' = 1,2 + 0,4 = 1,6 \text{ с.}$$

Приймається реле часу типу ЕВ-124 з межами уставок 0,25—3,5с.

Захист від однофазних замикань на землю

У мережі з ізольованою нейтраллю струм замикання на землю рівний:

$$I_3^{(1)} = 3 \cdot I_{0c} = \frac{U_{\text{мф}} \cdot l}{10}. \quad (2.40)$$

У непошкоджених лініях струм $3 \cdot I_{0c}$, який протікає через місце установки захисту, рівний: $3 \cdot I_{0c} = \frac{U_{\text{мф}} \cdot l}{10}$ і направлений до шин.

В пошкодженій лінії струм $3 \cdot I_{0c} = 3 \cdot I_{0c\text{Мережі}} - 3 \cdot I_{0c\text{КЛ}}$ і направлений до шин.

Струм замикання кабелю, на якому встановлений захист:

$$I_{\text{КЛ}} = 3 \cdot I_{0\text{КЛ}}^{(1)} = \frac{k_{\text{рем}} \cdot U_{\text{мф}} \cdot l}{10} = \frac{0,54 \cdot 10 \cdot 0,02}{10} = 0,0108 \text{ (А)}.$$

Струм замикання на землю всієї кабельної мережі 10 кВ:

$$3I_{0\text{КЛМережі}}^{(1)} = \frac{k_{\text{рем}} \cdot U_{\text{мф}} \cdot l}{10} = \frac{0,54 \cdot 10 \cdot 0,055}{10} = 0,03 \text{ (А)},$$

де $U_{\text{мф}}$ – міжфазна напруга, кВ;

l – довжина мережі, км;

$k_{\text{рем}}$ – коефіцієнт, що враховує ремонтний режим.

Оскільки при дії переміжної дуги в місці КЗ на землю наявні в мережі кидки струму ємності непошкодженої лінії, що перевищують величину сталого значення цього струму кратного 4-5 разів, при цьому величина струму спрацьовування захисту визначається таким чином:

$$I_{c3} = \frac{k_{\text{відл}} \cdot k_{\text{стр}} \cdot 3I_{0\text{КЛ}}^{(1)}}{10} = \frac{1,1 \cdot 4 \cdot 0,03}{10} = 0,0132 \text{ (A)},$$

Струму спрацьовування захисту I_{c3} :

$$k_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{КЛ} \text{ мережі}}^{(1)} - 3I_{0\text{КЛ}}^{(1)}}{I_{c3}} = \frac{0,03 - 0,0108}{0,0132} = 1,45 > 1,25.$$

Вибираємо реле струму РТЗ-51, яке буде реагувати на величину повного струму нульової послідовності в місці установки захисного апарату.

Висновки:

1. Було здійснено автоматизований пошук та вибір оптимальних параметрів ЦТП. Для даного підприємства доцільно використати радіальну схему 10 кВ яка буде включати чотири двотрансформаторні підстанції з трансформаторами ТМ 1000/10 підключені до ЦРП, яке встановлено в центрі електричних навантажень підприємства, що дає змогу зменшити величину перетоків потужності.

2. Розраховано та обрано лінії живлення 10 кВ підприємства. Оптимальний переріз кабельних ліній 10 кВ заводської мережі виконаний АПвЭБВ-10 рівний 25 мм²; Оптимальний переріз кабельної лінії якою буде житись ЦРП підприємства 10 кВ становить АПвЭБВ-10 3x120 мм²;

- проведено аналіз, вибір та перевірка засобів захисту електрообладнання.

Отже спроектована система електропостачання підприємства за своїми техніко-економічними показниками відповідає необхідним нормам та являється оптимальною.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ ВІДХИЛЕНЬ НАПРУГИ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Аналіз режимів роботи силового трансформатора з пристроєм РПН

Регулювання напруги - це комплекс технічних заходів з обмеження відхилень напруги від номінального значення в допустимих межах, що визначаються ГОСТ 13109-97 [3].

Засоби регулювання напруги можна розділити на два типи: вузлові та лінійні [4]. Пристрої підключені у вузлах навантаження служать для зміни параметрів режимів мережі, а саме величини напруги та реактивної потужності у місці підключення до електромережі. До них відносяться:

- батареї конденсаторів;
- нерегульовані і регульовані реактори;
- генератори електростанцій;
- синхронні компенсатори;
- синхронні двигуни;
- статичні джерела реактивної потужності.

Лінійні пристрої змінюють параметри мережі реактивний опір і коефіцієнти трансформації [4]. Такими пристроями являються:

- пристрої поздовжньої компенсації;
- трансформатори і автотрансформатори;
- лінійні регульовальні трансформатори.

Метою даної роботи є аналіз процесів регулювання напруги в розподільних електричних мережах промислового підприємства. Для досягнення поставленої мети необхідно:

- обґрунтувати необхідність регулювання напруги в розподільних електричних мережах промислового підприємства;
- проаналізувати існуючі засоби регулювання напруги;

- провести аналіз режимів регулювання напруги в силових двохобмоткових трансформаторах;
- виконати аналіз методів розрахунку коефіцієнта трансформації та вибору необхідного регулювального відгалуження;
- розглянути режими регулювання напруги в регулювальних трансформаторах;

Регулювання напруги мережі в автоматичному режимі на шинах ЕС та районних ПС забезпечується зустрічним регулюванням. Даний спосіб регулювання напруги мережі полягає у тому щоб в періоди найбільших навантажень мережі напруга встановлювалась дещо більшою за номінальні значення в нормальному режимі роботи, що в свою черг дозволяє скомпенсувати спад напруги в мережі споживачів, що веде до зменшення втрат потужності пов'язаних з величиною напруги меншою за номінальну. Так само і для періодів найменшого споживання потужності величина напруги на шинах ЕС та районних ПС встановлюється на дещо нижчих рівнях.

Живлення підприємства ДП «45 ЕМЗ» здійснюється від підстанції на якій встановлено силовий двохобмотковий трансформатор марки РНОА 110/10. Добовий графік споживання навантаження підприємством ДП «45 ЕМЗ» являється нелінійним з присутніми на ньому годинами з вираженим піком та мінімум споживання навантаження з електромережі. Також слід враховувати що від даного силового трансформатора електростанції здійснюється живлення для інших споживачів електричної енергії зі своїм нелінійним добовим графіком навантаження. При чому наявні також і комунальні споживачі із несиметричним навантаженням. Враховуючи дані особливості споживачів електричної енергії які живить трансформатор РНОА 110/10 оснащений пристроєм РПН рисунок 3.1.

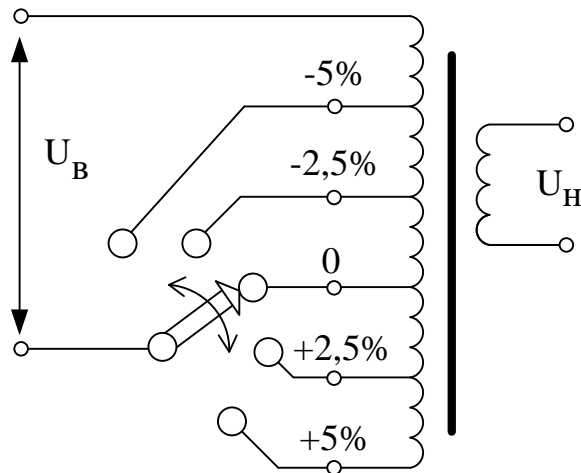


Рисунок 3.1 – Силовий двохобмотковий трансформатор з пристроєм РПН

Для оптимального здійснення переключення відгалужень пристрою РПН розглянемо алгоритм управління РПН, запропонований у [18,20], розрахунки та практичне застосування якого показало, що використання даного алгоритму зменшує кількість циклів перемикання відпайок регулювання пристрою РПН, що в свою чергу дає змогу значно оптимізувати роботу, швидкість та точність управління засобами РПН.

Для підвищення стійкості регулювання пристроєм РПН в [17,18] наявна модель управління, використання якої дає змогу врахувати при розрахунках величину та знак похідної кривої навантаження напруги, що регулюється, що в свою чергу забезпечує більш точне значення напруги та дозволяє не здійснювати додаткові перемикання відпайок регульованого трансформатора, при умові, що в дійсний момент регульований параметр напруги знаходиться в не діапазоні чутливості регулятора, але в ту же чергу від дії зовнішніх факторів прямує до величини яка потрапляє в діапазон чутливості регулятора. Система автоматичного регулювання (САР), яка досліджується в [17-20] та для якої представлено алгоритм оцінки стійкості, а також супроводжується з дослідженням оцінки якісних та кількісних показників перехідних процесів САР (при чому для стійкої САР характерне затухання величини перехідних процесів протягом нормованого часу). Для оцінки перехідних процесів в системі необхідно визначити можливі реакції на найбільші скачки напруги, або збуджуючих впливів навантаження. При чому можна зробити висновок, що синтезована система буде відноситись до суттєво нелінійних,

а для дослідження її стійкості необхідно застосовувати ЕОМ для моделювання її основних режимів роботи. Математична модель роботи САР величини напруги силового трансформатора з РПН (з вісьмома ступенями перемикачів відгалужень) типу РНОА 110/10 можна реалізувати за допомогою наступної функції [19]:

$$u(t) = K_1 \left| (U(t) - U_y) - K_2 (I(t) - I_{\min}) \right|, \quad (3.1)$$

$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{н.н}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{н.3}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{н.3}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \leq 0; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{н.н}}, \text{ якщо } u_{н.3} \leq u(t) \leq u_{в.3}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{н.н}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{н.3}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{в.3}; \\ \frac{dU_{ор}}{dt} \geq 0; \end{cases} \end{cases}, \quad (3.2)$$

$$U(t) \Big|_{t_{пер} \rightarrow \min} \rightarrow U_{ном} \pm \Delta U, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{н.31}; \\ u(t) \geq u_{в.31}; \end{cases}, \quad (3.3)$$

В даній математичній моделі роботи САР силового трансформатора з РПН прийняті такі позначення впливових величин:

$u(t)$ – приведена величина дійсної напруги на шинах ПС з урахуванням струмової компенсації навантаження;

$u_{н.3}$, $u_{в.3}$ - зони нечутливості трансформатора, для нижньої та верхньої межі відповідно, величини яких задаються з умов надійності;

U_y - положення регулятора напруги як відповідає номінальній величині на підстанції;

$U(t)$ – величина діючого значення номінальної напруги мережі;

I_{\min} – величина струму для мінімально режиму навантаження підстанції;

$I(t)$ – величина діючого значення струму на шинах підстанції;

$U_{н.н}$ – величина діючого значення напруги на стороні низької напруги трансформатора;

U_i – величина дійсної напруги, генерація якої виникає в обмотці трансформатора після підключення і-того відгалуження регулятора напруги;

K_1 – коефіцієнт який передає спектр чутливості регулятора пристрою РПН;

K_2 – коефіцієнт для визначення величини нахилу зустрічного регулювання напруги мережі ($K_2 = \frac{0,05U_{ном}}{I_{max} - I_{min}}$);

I_{max} – величина струму навантаження мережі при роботі на максимальне навантаження;

t_z - час який характеризує затримки сигналу між елементами АСУ;

$u_{в.з1}$, $u_{н.з1}$ – межі зони регулювання для верхньої та нижньої межі відповідно, які обумовлені точністю при регулюванні напруги;

$dU_{ог}$ – похідна величини обвідної контрольованої дійсної напруги;

$t_{рег}$ – величина часу протягом якого значення регульованої напруги мережі набуде значення нечутливості (задається параметрами які характеризують надійність системи). Також необхідно враховувати, що для більш ширшої зони регулювання $\Delta U = u_{в.з1} - u_{н.з1}$ виникає явище і більшого часу затримання вихідного сигналу τ_3 , що веде в свою чергу до зниження якості регулювання напруги, але при чому збільшує надійність роботи обладнання, за рахунок зменшення кількості перемикачів між регулюючими елементами. Використання логічної умови $dU_{ог} dt \leq 0$ дозволяє збільшити величину стійкості регулювання напруги за рахунок зменшення кількості перемикачів між відпайками пристрою РПН трансформатора, при умові що регульований параметр не попадає в зону чутливості регулювання.

Задача вирішення математичної моделі залежності (3.1) здійснена в кеті програм Matlab (Simulink 4) [17] імітаційна модель трифазного двохобмоткового силового трансформатора з РПН, показана на рисунку 3.2.

На рисунку 3.2 для введів і виводів розглянутого трансформатора прийняті такі позначення:

- 1) A, B, C - три вводи, які з'єднані з першою обмоткою трансформатора;
- 2) a, b, c - три виводи, які з'єднані з другою обмоткою трансформатора;
- 3) V_m - вхідна напруга, яка змінюється за допомогою регулятором напруги;
- 4) блок примикання відпайок регульованого трансформатора між положеннями "ВИЩЕ" або "НИЖЧЕ";
- 5) m - вихідний вектор симулювання;

В блоці меню можливо здійснити вибір параметрів зовнішнього контролю пристрою РПН трансформатора. Регулювання напруги однієї із фаз регульованого силового трансформатора здійснюється за допомогою зміни коефіцієнта трансформації V_2/V_1 пристроєм РПН (рисунок 3.2).

Для регульованого трансформатора автоматичний контроль напруги забезпечується за допомогою системою управління величини напруги зазвичай на обмотках трансформатора чи на шинах живлячої підстанції. Для забезпечення даної системи управління використовується блок "Three-Phase OLTC Regulating Transformer", який дає змогу автоматичного визначення положень відгалужень регулюючого трансформатора, використовуючи виміри напруги V_m з заданим в блоці обчислення відносною величиною напруги V_{ref} . При подальшій роботі регулятор здійснює перимикані відгалужень за даним логічним виразом:

$$\text{abs}(V_m - V_{ref}) > \text{DeadBand} / 2 \text{ протягом часу (During time) } t > \text{Delay}, \quad (3.2).$$

де V_{ref} - величина напруги в блоці управління, задається в ручному режимі; DeadBand – параметр який характеризує зону нечутливості ΔU регулятора напруги.

Для управління регулятором необхідно використати наступний алгоритм роботи:

- 1) за виразом визначається вхідна величина V_m ;
- 2) визначається в якому положенні необхідно встановити позицію "ВИЩЕ" або "НИЖЧЕ" регулятора;
- 3) здійснюється заміна відгалужень в необхідному порядку (прямому або зворотному) для того, щоб прикладений імпульс змінився з логічного нуля на одиницю.

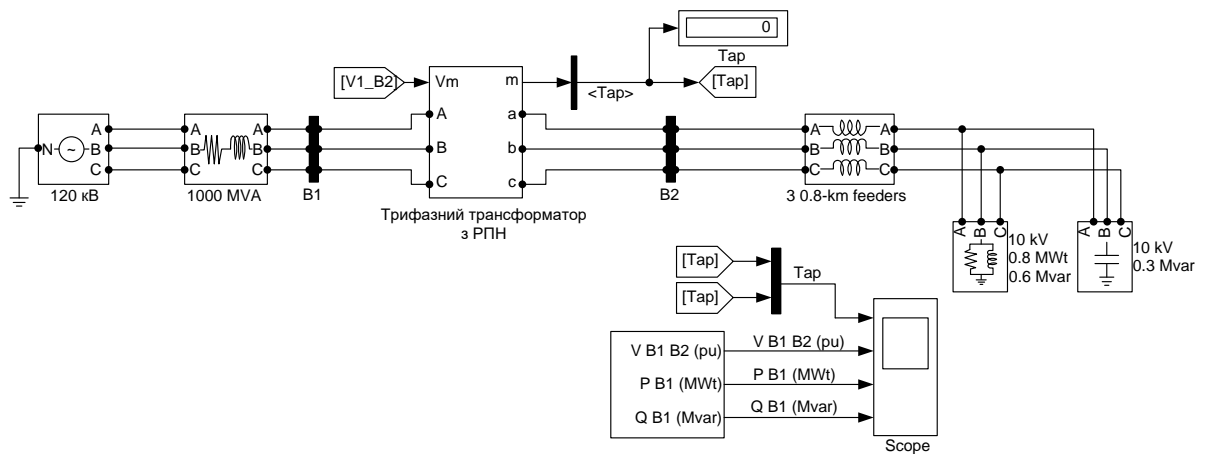


Рисунок 3.2 – Математична модель силового трансформатора з пристроєм РПН

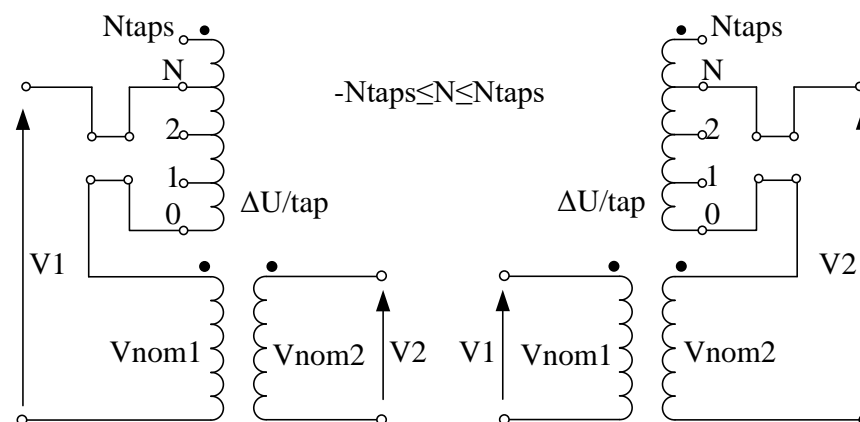


Рисунок 3.3 – Принцип регулювання величини вихідної напруги на одній із фаз трансформатора з пристроєм РПН: а) для першої обмотки -

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{1}{(1 + N \cdot \Delta U)} \times \frac{V_{\text{nom}2}}{V_{\text{nom}1}}; \text{ б) для другої обмотки - } \frac{V_2}{V_1} = (1 + N \cdot \Delta U) \times \frac{V_{\text{nom}2}}{V_{\text{nom}1}}$$

На рисунках 3.4-3.6 представлені графіки моделювання режимів роботи пристрою РПН.

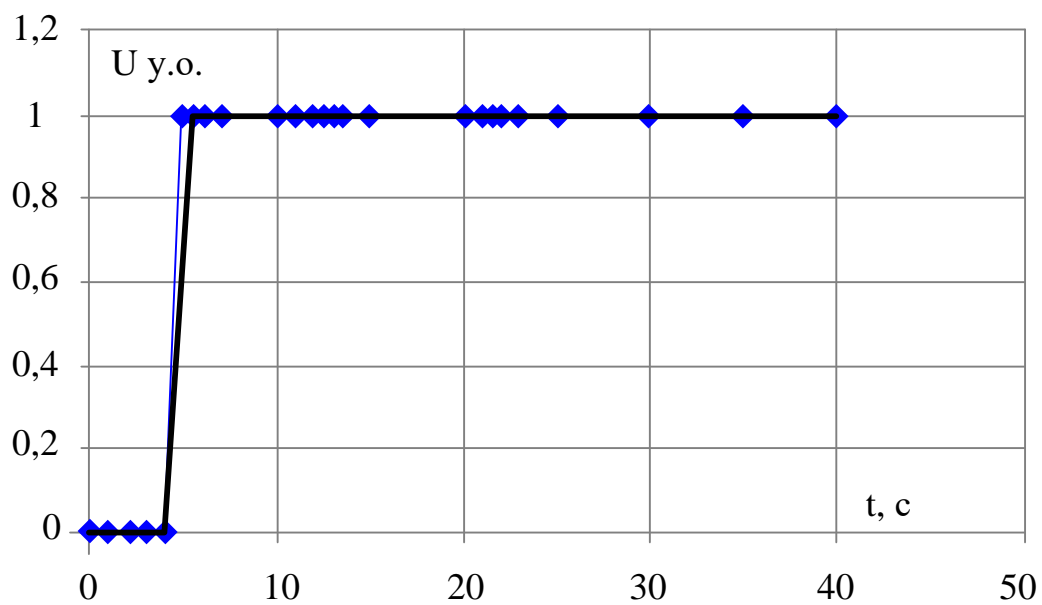


Рисунок 3.4 – Зміна величини напруги в часі пристрою РПН

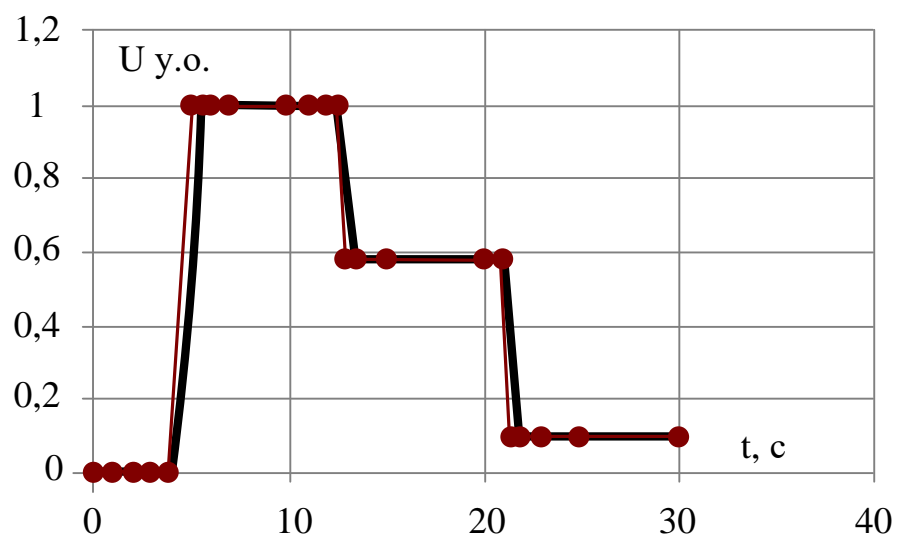


Рисунок 3.5 –Перехідний процес для аперіодичного характеру сигналу управління величиною напруги U_m

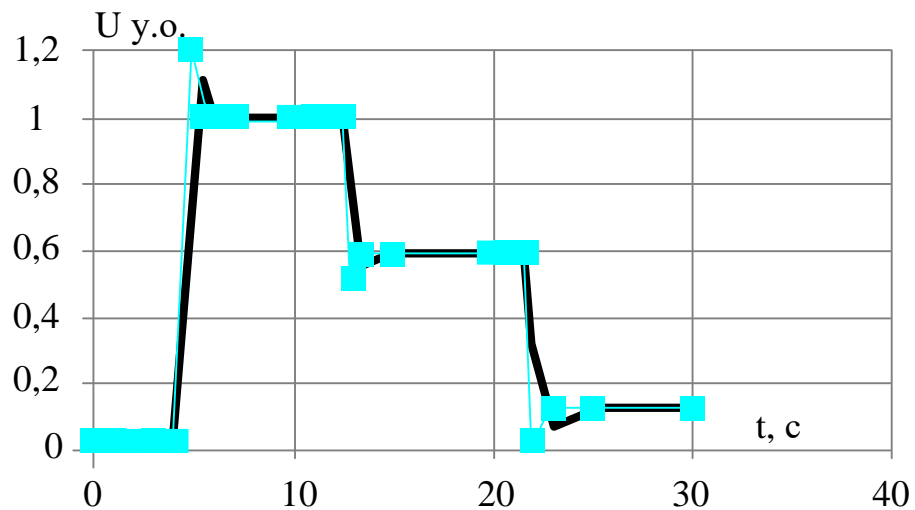


Рисунок 3.6 – Перехідний процес для коливального характеру сигналу управління величиною напруги U_m

Оцінка даних графіків дозволяє визначити швидкість роботи в системі автоматичного регулювання величини напруги трансформатора з пристроєм РПН типу РНОА 110/10, при чому при протіканні переходних процесів від впливу збудження при перимиканні ступенів відпайок. Також з наведених графіків видно чи потрібно виконати додаткове перемикання відгалужень РПН до того моменту як закінчується перехідний процес. Зменшення кількості перемикання дає змогу при модернізації існуючих підстанцій мережі зменшити витрати а рахунок більшого терміну служби обладнання пристроїв РПН силового трансформатора, а також досягти зменшення втрат потужності в електричних мережах постачальних компаній, та зменшити кількість аварійних режимів роботи в мережах споживачів.

3.2 Визначення оптимальних значень відпайок РПН для підприємства

В даному підрозділі магістерської кваліфікаційної роботи проведено розрахунок відпайок ЦТП, які зможуть забезпечувати допустимі за ГОСТ 13109-97 [3] відхилення напруги в усіх режимах роботи СЕП. Для виконання даної задачі здійснимо розрахунок відхилень напруги в режимах максимального та мінімального споживання підприємством електричної енергії.

Живлення підприємства ДП «45 ЕМЗ» здійснюється від підстанції напругою $U_n = 10$ кВ через ЦРП.

При роботі в максимальному режимі напруга джерела підприємства на три відсотки вища за номінальну напругу мережі, а при мінімальному режимі напруга на один відсоток нижча:

$$U_{дж}^{max} = 1,03U_n = 1,03 \cdot 10 = 10,3 \text{ кВ}; \quad U_{дж}^{min} = 1,01U_n = 1,01 \cdot 10 = 10,1 \text{ (кВ)}. \quad (3.4)$$

Складемо загальну схему та схему заміщення для розрахунку керування відхилень напруги в СЕП підприємства рисунок 3.7 та 3.8.

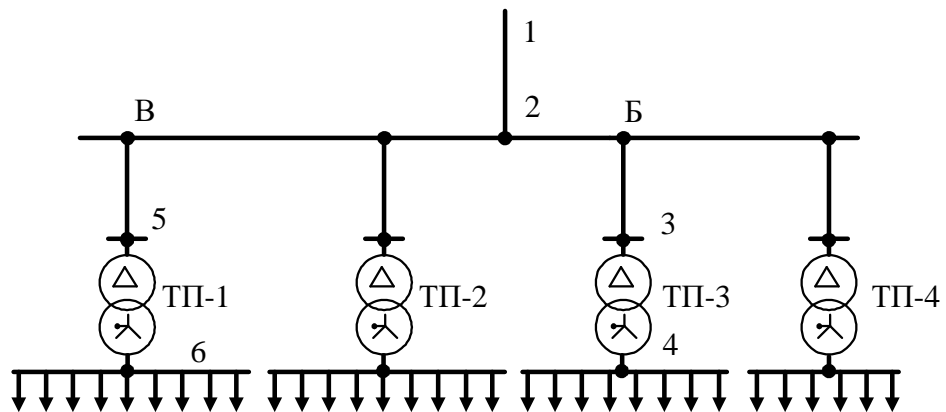


Рисунок 3.7 – Однолінійна схема живлення для СЕП підприємства

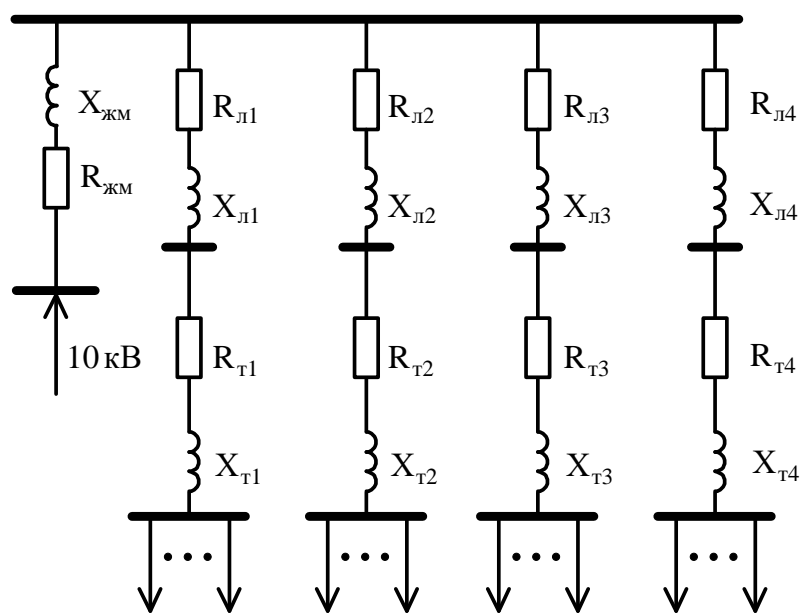


Рисунок 3.8 – Схема заміщення для СЕП підприємства

Розрахунок ближньої точки (Б) по вхідним даним.

Розглянута електромережа та режими її роботи можна охарактеризувати за допомогою таких параметрів:

$$P_{\text{роз.1.2.Б}}=2514,67 \text{ (кВт)}; Q_{\text{роз.1.2.Б}}=2264,46 \text{ (квар)};$$

$$r_{1.2.Б}=0,65 \text{ (Ом)}; x_{1.2.Б}=0,873 \text{ (Ом)}.$$

де $r_{1.2.Б}$, $x_{1.2.Б}$ – відповідно активний та реактивний опори зовнішньої лінії живлення ділянки 1-2;

$P_{\text{роз.1.2.Б}}$, $Q_{\text{роз.1.2.Б}}$ – розрахункова активна і реактивна потужність зовнішньої лінії живлення ділянки 1-2.

Довжина лінії живлення від точки 1 до точки 2: $L_{1.2.Б}=2,6$ (км).

$$P_{\text{роз.2.3.Б}}=606,747 \text{ (кВт)}; Q_{\text{роз.2.3.Б}}=512,569 \text{ (квар)};$$

$$r_{2.3.Б}=0,05 \text{ (Ом)}; x_{2.3.Б}=0,012 \text{ (Ом)}.$$

Знайдемо потужності, які протікають по зовнішній лінії живлення та лінії живлення ТП-3 в максимальному та мінімальному режимах роботи.

Розрахунок точки (Б) в період максимуму та мінімум навантаження здійснюємо за формулами:

$$U_{\text{max1}}=1,03 \cdot U_{\text{Н}}=1,03 \cdot 10=10,3 \text{ (кВ)};$$

$$U_{\text{min1}}=1,01 \cdot U_{\text{Н}}=1,01 \cdot 10=10,1 \text{ (кВ)}.$$

Для окремої лінії живлення ТП-3 при максимальному режимі роботи буде складати половину навантаження ТП-3.

Визначимо активну і реактивну потужність в період максимального та мінімального навантаження на всіх ділянках точки (Б):

$$P_{\max 1.2} = \frac{P_{p1.2}}{2} = \frac{2514,67}{2} = 1257,33 (\text{кВт}); \quad Q_{\max 1.2} = \frac{Q_{p1.2}}{2} = \frac{2264,46}{2} = 1132,23 (\text{квар}).$$

Через лінію живлення ЦТП-3 в мінімальному режимі роботи протікає потужність:

$$P_{\min 12} = 0,3 \cdot P_{\max 12} = 0,3 \cdot 1257,33 = 377,2 (\text{кВт});$$

$$Q_{\min 12} = 0,3 \cdot Q_{\max 12} = 0,3 \cdot 1132,23 = 339,7 (\text{квар}).$$

Проводимо розрахунки і для інших точок схеми за аналогічним алгоритмом, а результати заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків потужностей в період максимального і мінімального навантаження

Режими електроспоживання										
Максимальний					Мінімальний					
$P_{\max 1.2}$	$Q_{\max 1.2}$	$P_{\max 2.3}$	$Q_{\max 2.3}$	$P_{\max 3}$	$P_{\min 1.2}$	$Q_{\min 1.2}$	$P_{\min 2.3}$	$Q_{\min 2.3}$	$P_{\min 3.4}$	$Q_{\min 3.4}$
1257,33	1132,23	303,37	256,28	303,37	377,2	339,7	91,01	76,88	86,54	68,84

Розрахуємо втрати напруги в період максимального навантаження для точки (Б):

$$\Delta U_{1.2}^{\max} = \frac{P_{\max 1.2} \cdot r_{1.2} \cdot I_{1.2} + Q_{1.2} \cdot x_{1.2} \cdot I_{1.2}}{1,03 \cdot U_H \cdot 1000}; \quad (3.5)$$

$$\Delta U_{1.2}^{\max} = \frac{1257,33 \cdot 0,65 \cdot 2,6 + 1132,23 \cdot 0,873 \cdot 2,6}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0456 (\text{кВ});$$

$$\Delta U_{2.3}^{\max} = \frac{P_{\max 2.3} \cdot r_{2.3} \cdot I_{2.3} + Q_{2.3} \cdot x_{2.3} \cdot I_{2.3}}{1,03 \cdot U_H \cdot 1000}; \quad (3.6)$$

$$\Delta U_{2.3}^{\max} = \frac{303,37 \cdot 0,05 \cdot 0,154 + 256,28 \cdot 0,012 \cdot 0,154}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0018 (\text{кВ}).$$

В максимальному режимі на шинах ЦРП 10 кВ напруга рівна:

$$U_3^{\max} = U_{\max.2} - \Delta U_{2.3}^{\max} = 10,1135 - 0,0018 = 10,112 \text{ (кВ)}.$$

Визначаємо спад напруги в період мінімального навантаження для точки (Б):

$$\Delta U_{1.2}^{\min} = \frac{P_{\min 1.2} \cdot r_{1.2} \cdot l_{1.2} + Q_{1.2} \cdot x_{1.2} \cdot l_{1.2}}{1,03 \cdot U_H \cdot 1000}; \quad (3.7)$$

$$\Delta U_{1.2}^{\min} = \frac{377,2 \cdot 0,65 \cdot 2,6 + 339,7 \cdot 0,873 \cdot 2,6}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0137 \text{ (кВ)};$$

$$\Delta U_{2.3}^{\min} = \frac{P_{\min 2.3} \cdot r_{2.3} \cdot l_{2.3} + Q_{2.3} \cdot x_{2.3} \cdot l_{2.3}}{1,03 \cdot U_H \cdot 1000}; \quad (3.8)$$

$$\Delta U_{2.3}^{\min} = \frac{91,01 \cdot 0,05 \cdot 0,154 + 76,88 \cdot 0,012 \cdot 0,154}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,00053 \text{ (кВ)}.$$

В період мінімального навантаження на шинах ЦРП 10 кВ напруга рівна:

$$U_2^{\min} = U_{\min.1}^{\min} - \Delta U_{1.2}^{\min} = 10,1 - 0,0137 = 10,086 \text{ (кВ)}; \quad (3.9)$$

$$U_{\min.3} = U_{\min.2} - \Delta U_{2.3}^{\min} = 10,09 - 0,00053 = 10,089 \text{ (кВ)}. \quad (3.10)$$

Результати розрахунків наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків втрат напруги в період максимального та мінімального навантаження

Режими електроспоживання							
Максимальний				Мінімальний			
$\Delta U_{\max 1.}$	$U_{\max 2}$	$\Delta U_{\max 2.}$	$U_{\max 3}$	$\Delta U_{\min 1.}$	$U_{\min 2}$	$\Delta U_{\min 2.}$	$U_{\min 3}$
2		3		2		3	
0,0456	10,113	0,0018	10,11	0,0137	10,0	0,0005	10,08
	5		2		9	3	9

Розрахуємо значення дійсної напруги на стороні низької напруги ЦТП при різних коефіцієнтах трансформації (K_T). Розрахуємо K_T для всіх відпайок від +5% до -5% з кроком 2,5%. Для напруги в період максимального навантаження точки (Б):

Здійснено розрахунок на прикладі відпайки 5% в період максимального навантаження.

Початкові дані: $v_1=0,05$ – відпайка ЦТП;

$U_{нНВ}=10$ – ВН ЦТП;

$U_{нНН}=0,38$ – НН ЦТП;

Визначаємо коефіцієнт трансформації:

$$K_{Tv5\%} = \frac{(1 + v_1) \cdot U_{нНВ}}{1,05 \cdot U_{нНН}} = \frac{(1 + 0,05) \cdot 10}{1,05 \cdot 0,38} = 26,3158.$$

де v – відпайка ЦТП ($v = -5; -2,5; 0; +2,5; +5$).

$$U_{\max 3НН} = \frac{U_{ВН3}}{K_{Tv5\%}} = \frac{10,112}{26,3158} = 0,3727.$$

де $U_{ВН4}$ – напруга ВН ЦТП відносно низької сторони.

Розрахунки усіх інших відпайок представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунки відпайок та коефіцієнта трансформації

Режими електроспоживання	ВН U_H , кВ	Відгалуження ТП, %	K_{TP}	НН $U_{3\max}$, кВ	Висновок	Опт.
Максимальний	10,1135	-5,0	23,8095	0,4119	-	
		-2,5	24,4361	0,4013	-	
		0	25,0627	0,3913	Допустимо	
		+2,5	25,6892	0,3818	Допустимо	V
		+5,0	26,3158	0,3727	-	
Мінімальний	10,09	-5,0	23,8095	0,418	-	
		-2,5	24,4361	0,4073	-	
		0	25,0627	0,3971	Допустимо	
		+2,5	25,6892	0,3874	Допустимо	
		+5,0	26,3158	0,3782	Допустимо	V

Висновок: розрахунок відпайок та коефіцієнта трансформації показав , що примикання пристрою РПН на відпайку +2,5% дозволяє досягти рівні напруги на шинах 0,4 кВ на рівні нормованих значень.

Розрахунок ближньої точки (В) по вхідним даним.

Розглянута електромережа та режими її роботи можна охарактеризувати за допомогою таких параметрів:

$$P_{\text{роз.1.2.В}}=2514,67 \text{ (кВт)}; Q_{\text{роз.1.2.В}}=2264,46 \text{ (квар)};$$

$$r_{1.2.В}=0,65 \text{ (Ом)}; x_{1.2.В}=0,873 \text{ (Ом)}.$$

Довжина лінії живлення від точки 1 до точки 2: $L_{1.2.В}=2,6 \text{ (км)}$;

Розрахункова активна і реактивна потужність ділянки 2-5 для КЛ:

$$P_{\text{роз.2.5.В}}=778,12 \text{ (кВт)}; Q_{\text{роз.2.5.В}}=716,66 \text{ (квар)};$$

$$r_{2.5.В}=0,197 \text{ (Ом)}; x_{2.5.В}=0,05 \text{ (Ом)}.$$

Довжина лінії від точки 2 до точки 5: $L_{2.5.В}=605 \text{ (м)}$.

Розрахункова активна і реактивна потужність ділянки 5-6 для ТП-1:

$$P_{\text{роз.5.6.ТВ}}=768,55 \text{ (кВт)}; Q_{\text{роз.5.6.ТВ}}=657,95 \text{ (квар)};$$

$$r_{5.6.ТВ}=1,05 \text{ (Ом)}; x_{5.6.ТВ}=5,91 \text{ (Ом)};$$

Проведемо розрахунок напруги у ввідаленому вузлі в період мінімуму та максимуму нашого навантаження (В):

$$U_{\text{max1}} = 1,03 \cdot U_{\text{Н}} = 1,03 \cdot 10 = 10,3 \text{ (кВ)};$$

$$U_{\text{min1}} = 1,01 \cdot U_{\text{Н}} = 1,01 \cdot 10 = 10,1 \text{ (кВ)}.$$

Визначимо активну і реактивну потужність в період мінімум та максимум нашого навантаження на всіх ділянках віддаленої точки:

$$P_{\text{max1.2}} = \frac{P_{\text{п1.2}}}{2} = \frac{2414,67}{2} = 1257,33 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\max 1.2} = \frac{Q_{p1.2}}{2} = \frac{2264,46}{2} = 1132,23 (\text{квар});$$

$$P_{\min 12} = 0,3 \cdot P_{\max 12} = 0,3 \cdot 1257,33 = 377,2 (\text{кВт});$$

$$Q_{\min 12} = 0,3 \cdot Q_{\max 12} = 0,3 \cdot 1132,23 = 339,67 (\text{квар}).$$

Розрахунки аналогічно проводимо для інших точок і заносимо результати до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків потужностей в період мінімального та максимального навантаження

Режими електроспоживання											
максимальний						Мінімальний					
$P_{\max 1.2}$	$Q_{\max 1.2}$	$P_{\max 2.5}$	$Q_{\max 2.5}$	$P_{\max 5.6}$	$Q_{\max 5.6}$	$P_{\min 1.2}$	$Q_{\min 1.2}$	$P_{\min 2.5}$	$Q_{\min 2.5}$	$P_{\min 5.6}$	$Q_{\min 5.6}$
1257,33	1132,23	389,06	358,33	384,27	328,97	377,2	339,67	116,8	107,61	111,1	102,4

Знайдемо втрати напруги в період максимум нашого навантаження для віддаленої точки:

$$\Delta U_{1.2}^{\max} = \frac{1257,33 \cdot 0,65 \cdot 2,6 + 1132,23 \cdot 0,873 \cdot 2,6}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0456 (\text{кВ});$$

$$\Delta U_{2.5}^{\max} = \frac{389,06 \cdot 0,197 \cdot 0,605 + 358,33 \cdot 0,05 \cdot 0,605}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0055 (\text{кВ});$$

$$\Delta U_{\text{ТБ}}^{\max} = \frac{384,27 \cdot 1,05 + 328,97 \cdot 5,91}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,228 (\text{кВ}).$$

На шинах ЦРП 10 кВ в період максимального навантаження напруга буде рівною:

$$U_2^{\max} = U_{\max 1} - \Delta U_{1.2}^{\max} = 10,3 - 0,0456 = 10,258 (\text{кВ}).$$

$$U_3^{\max} = U_{\max 2} - \Delta U_{2.5}^{\max} = 10,258 - 0,0055 = 10,252 (\text{кВ}).$$

$$U_{\text{ВН6}}^{\max} = U_{\max 3} - \Delta U_{\text{ТБ}}^{\max} = 10,252 - 0,228 = 10,024 (\text{кВ}).$$

Здійснимо розрахунок втрат напруги період мінімального навантаження для точки (В):

$$\Delta U_{1.2}^{\min} = \frac{377,2 \cdot 0,65 \cdot 2,6 + 339,67 \cdot 0,873 \cdot 2,6}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0137 \text{ (кВ)};$$

$$\Delta U_{2.5}^{\min} = \frac{116,8 \cdot 0,197 \cdot 0,605 + 107,61 \cdot 0,05 \cdot 0,605}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,0017 \text{ (кВ)};$$

$$\Delta U_{\text{ТБ}}^{\min} = \frac{111,1 \cdot 1,05 + 102,4 \cdot 5,91}{1,03 \cdot 10 \cdot 1000} = 0,07 \text{ (кВ)}.$$

На шинах ЦРП 10 кВ в період мінімального навантаження напруга буде рівною:

$$U_2^{\min} = U_{\min 1} - \Delta U_{1.2}^{\min} = 10,1 - 0,0137 = 10,086 \text{ (кВ)};$$

$$U_3^{\min} = U_{\min 2} - \Delta U_{2.5}^{\min} = 10,086 - 0,0017 = 10,084 \text{ (кВ)};$$

$$U_{\text{НН6}}^{\min} = U_{\min 3} - \Delta U_{\text{ТБ}}^{\min} = 10,084 - 0,07 = 10,014 \text{ (кВ)}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків втрат напруги

Режими електроспоживання											
Максимальний						Мінімальний					
$\Delta U_{\max 1.2}$	$U_{\max 2}$	$\Delta U_{\max 2.5}$	$U_{\max 3}$	$\Delta U_{\max \text{ТБ}}$	$U_{\text{ВН6}}$	$\Delta U_{\min 1.2}$	$U_{\min 2}$	$\Delta U_{\min 2.5}$	$U_{\min 3}$	$\Delta U_{\min \text{ТБ}}$	$U_{\text{НН6}}$
0,0456	10,258	0,0055	10,252	0,228	10,024	0,0137	10,086	0,0017	10,084	0,07	10,014

Здійснимо розрахунок на прикладі відпайки 5% в період максимального навантаження.

Початкові дані: $v_1=0,05$ – відпайка ЦТП;

$U_{\text{ННВ}}=10$ – напруга ВН ЦТП;

$U_{\text{ННН}}=0,38$ – напруга НН ЦТП;

Визначаємо коефіцієнт трансформації:

$$K_{\text{Тв}5\%} = \frac{(1 + v_1) \cdot U_{\text{ННВ}}}{1,05 \cdot U_{\text{ННН}}} = \frac{(1 + 0,05) \cdot 10}{1,05 \cdot 0,38} = 26,3158.$$

де v – відпайка трансформатора ($v = -5; -2,5; 0; +2,5; +5$).

$$U_{\max 6\text{НН}} = \frac{U_{\text{ВН6}}}{K_{\text{Тв}5\%}} = \frac{10,2}{26,3158} = 0,3733,.$$

Для інших відпайок результати розрахунків представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Розрахунки відпайок та коефіцієнта трансформації

Режими електроспоживання	ВН U_H , кВ	Відгалуження ТП, %	K_{TP}	НН U_{3max} , кВ	Висновок	Опт.
Максимальний	10,258	-5,0	23,8095	0,4126	-	
		-2,5	24,4361	0,402	-	
		0	25,0627	0,392	Допустимо	
		+2,5	25,6892	0,3824	Допустимо	V
		+5,0	26,3158	0,3733		
Мінімальний	10,086	-5,0	23,8095	0,4177	-	
		-2,5	24,4361	0,407	-	
		0	25,0627	0,3968	-	
		+2,5	25,6892	0,3871	Допустимо	
		+5,0	26,3158	0,3779	Допустимо	V

Висновок: розрахунок відпайок та коефіцієнта трансформації показав, що примикання пристрою РПН на відпайку +2,5% дозволяє досягти рівні напруги на шинах 0,4 кВ на рівні нормованих значень.

Висновки. За допомогою наявних ПБЗ, що встановлені на трансформаторах ЦТП, можна забезпечити допустимі відхилення напруги на затискачах електроприймачів ДП «45 ЕМЗ».

Аналіз режимів регулювання напруги вторинної обмотки трансформатора показав, що якщо причиною відхилення вторинної напруги є зміна напруги мережі живлення, то регулювання здійснюється при постійному магнітному потоці. Істинний фізичний сенс процесу регулювання полягає в тому, що шляхом зміни числа витків первинної обмотки, відбувається «налаштування» трансформатора на напругу, що змінилася, для збереження величини магнітного потоку в сердечнику. По закінченні процесу регулювання трансформатор продовжує роботу з номінальними електромагнітними параметрами.

Використання засобів місцевого регулювання напруги в СЕП ДП «45 ЕМЗ» не має потреби. У разі зміни режиму роботи підприємства (введення іншої зміни, змін часу перерви в окремих підрозділах) розрахунок оптимальних відгалужень на ЦТП підприємства необхідно уточнити.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування проекту полягає в проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції $V = 980$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 970$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{\text{пл}}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 10\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 4700$ млн.грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_{\text{н}} = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{\text{ок}} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 3723$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{\text{пл}} = З \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 3723 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,045 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{\text{пл}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 970 \cdot 0,045}{0,12} = 501,97 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = V - C = 980 - 501,97 = 478,03 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{op} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{4700}{478,03} = 9,8 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{op} = 9,8 < T_{ок} = 10. \text{ (років).}$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рисунку 4.1, та вихідних даних у таблицях 4.1, 4,2 1.1, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-1000	2	1011,72
ТП 2	ТМ-1000	2	810,69
ТП 3	ТМ-1000	2	794,27
ТП 4	ТМ-1000	2	902,79

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ЦРП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	605,2	АПвЭБВ-10 3х35	2
ЦРП – ТП2	201,6	АПвЭБВ-10 3х35	2
ЦРП – ТП3	153,7	АПвЭБВ-10 3х35	2
ЦРП – ТП4	252,6	АПвЭБВ-10 3х35	2

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам: 5,4324 коп/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

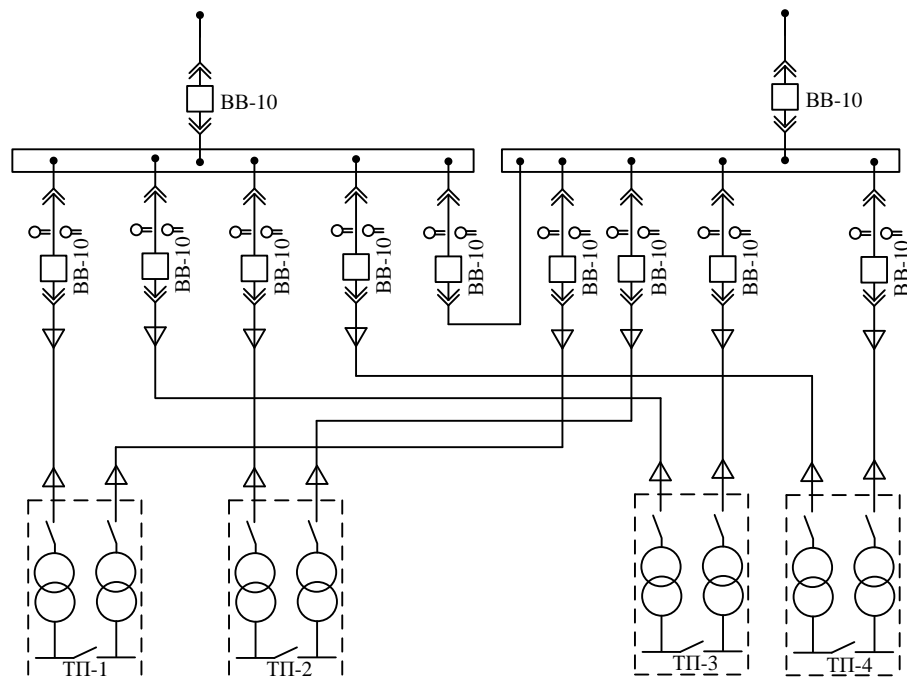


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 3.4 і табл.3.5 [10].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [10];

$K_{\text{прок}}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (АПвЭБВ 3х35) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L = (65,45 \cdot 2 + 4,22) \cdot 0,605 = 81,78 \text{ (тис.грн.)}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	Кл, тис.грн
ЦРП-ТП1	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,605	65,45	4,22	81,78
ЦРП-ТП2	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,202	65,45	4,22	27,24
ЦРП-ТП3	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,154	65,45	4,22	20,77
ЦРП-ТП4	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,253	50,50	4,22	26,58
Разом						156,36

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^I K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. [10];

$K_{\text{пост}}$ - постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій, наприклад, для ТП–1:

$$K_{пс1} = 423,52 + 84,7 = 508,22 \text{ (тис.грн)},$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМ-1000	2	423,52	84,70	508,22
КТП-2	ТМ-1000	2	423,52	84,70	508,22
КТП-3	ТМ-1000	2	423,52	84,70	508,22
КТП-4	ТМ-1000	2	423,52	84,70	508,22
Разом:					2032,9

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 11 шт.. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною (50–65) тис. грн.. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 11 \cdot 50 = 550 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 2032,9 + 550 = 2582,9 \text{ (тис.грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 156,36 + 2582,9 = 2739,26 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається як, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{норм} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{норм}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [10];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до таблиці 4.6.

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

$$T_{\text{го}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [10];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	п, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на оди-ницю облад-нання рем/рік	Норма трудо-міст-кості люд.-год.	Заг. трудоміст-кість люд.-год.	К-сть на оди-ницю облад-нання огл./рік	Норма трудо-міст-кості люд.-год.	Заг. трудо-міст-кість люд.-год.
Вимикач 10кВ	11	1	16	176	12	1	132
ТМ-1000	8	0,33	120	316,8	12	20	1920
Кабельна лінія 35 мм ² , км	2,4262	1	46	111,6052	1	11,5	27,9013
Разом:				604,405			2079,901

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-сть, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.-год.
		Змінність роботи	Коеф. склад. ремонтів K_{cp}	К-сть місяців в році	Загал. трудомісткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ	11	2	0,1	12	422,4	554,4
ТМ-1000	8	2	0,1	12	2304	4224
Кабельна лінія 35 мм ² , км	2,4262	2	0,1	12	267,85248	295,754
Разом:					2994,25248	5074,154

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{обс} = \frac{5074,154}{1900 \cdot 1,05} = 2,54. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{тр} = \frac{604,405}{1900 \cdot 1,1} = 0,29. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ $N_{тр} = 2$ чол., $N_{обс} = 3$ чол

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = N_{обс} \cdot \beta_n \cdot t_{re} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{re} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де $K3$, $K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [10];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{Z_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 6500 \cdot 1 / 176 = 36,93 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 36,93 = 45,241 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 3 \cdot 0,9 \cdot 45,241 \cdot 1900 = 232088,778 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.19)$$

$$t_{гр} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де $K4, K5$ – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [10].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27 + 1,96) / 2) \cdot 36,93 = 48,57 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 604,405 \cdot 48,57 = 29353,14 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ - тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0.01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 232088,78 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 292431,86 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 292431,86 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 336296,64 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 292431,86 \cdot 1,15 = 336296,64 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 38452,62 \cdot 1,15 = 44220,51 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 32\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 336296,64 \cdot \left(1 + \frac{32+1,5+1,5}{100} \right) = 454000,46 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 44220,51 \cdot \left(1 + \frac{33,3+1,5+1,5}{100}\right) = 59697,69 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. На 100 люд.-год. Трудомісткості ремонту і тех. Обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Силові трансформатори		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,5	5091,75	5091,75	5510,25
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,5	16,5	16,5	16,5
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452	13788,3	13788,3	14124,6
Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,16	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,33	136,8	136,8	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчиники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,6	19,5	19,5	23,4
Маслостійка гума, кг	50	0,4	0,5	0,5	0,6	20	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50	0,13	0,09	0,09	0,09	6,5	4,5	4,5	4,5
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	-
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	-
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2				15			
Електроди, кг	16,5	0,1				1,6			
Разом:						16,6			

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{лЮ} \right), \quad (4.26)$$

де C_{oi} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{лЮ}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 71919,45$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 958728,1$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.27)$$

$$C_{обс} = 454000,46 + 958728,14 = 1412728,6 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.28)$$

$$C_{пр} = 59697,69 + 71919,45 = 131617,15 \text{ (грн/рік).}$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 2739259,758 = 164355,585 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.30)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (1412728,6 + 131617,15 + 164355,585) = 427175,33 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	1412728,60	66,14
Витрати на поточний ремонт	131617,15	6,16
Витрати на амортизацію	164355,59	7,69
Інші витрати	427175,33	20,00
Разом	2135876,66	100

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленої (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для ливарного цеху:

$$E_{a1} = 97,68 \cdot 4500 = 439560 \text{ кВт год./ рік .}$$

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

№	Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tм, год.	cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
1	Відділи: технічний та виробничо диспетчерський	2	126,77	4500	0,65	97,68	439560
2	Заводоуправління	2	44,64	4500	0,8	38,36	172620
3	Гараж	2	42,65	4500	0,85	38,04	171180
4	Цех 9	2	100,35	4500	0,8	82,94	373230
5	Цех 4(в т.ч. мех. від.)	2	159,37	4500	0,8	129,64	583380
6	Дільниця ковальсько-пресова	2	112,07	4500	0,75	85,46	384570
7	Склад металу	2	77,17	4500	0,85	69,67	313515
8	Цех 7	2	301,16	4500	0,5	181,64	817380
9	Бюро технічної документації	2	68,52	4500	0,6	61,04	274680
10	Відділення очистки	2	126,32	4500	0,5	69,87	314415
11	Дільниця гальванічного покриття та травлення деталей	2	116,60	4500	0,7	85,51	384795
12	Їдальня на 500 місць	2	54,32	4500	0,65	45,34	204030
13	Заглиблений склад	2	41,63	4500	0,6	30,53	137385
14	Дільниця пресова	2	78,95	4500	0,55	51,7	232650
15	Відділення плазмового різання, дільниця розкрійно-заготівельна	2	155,47	4500	0,7	113,92	512640
16	Склад готових виробів	2	78,26	4500	0,8	69,96	314820
17	Дільниці: розкрійно-заготівельна, пресова, слюсарно-зварювальна, слюсарно-жерстяницька, швейна	2	10,99	4500	0,65	9	40500
18	Компресорна	2	209,43	4500	0,85	178,81	804645
19	Будівля автоматичної системи управління виробництвом	2	52,83	4500	0,8	46,31	208395
20	Дільниця слюсарно-складальна	2	345,00	4500	0,65	252,95	1138275
21	Дільниці: механічна, слюсарно-ремонтна, електромонтажна обслуговування паросилових установок	2	258,27	4500	0,5	186,53	839385
22	Склад промислових відходів	2	49,45	4500	0,5	31,78	143010
23	Склад ПДО, ЦПС	2	50,76	4500	0,5	35,45	159525
24	Пилорамне відділення	2	119,06	4500	0,55	77,68	349560
25	Блок складів №2	2	45,02	4500	0,65	35,76	160920
26	Блок складів № 1	2	71,11	4500	0,65	56,13	252585
27	Дільниця сушки лісоматеріалів	2	250,06	4500	0,7	176,7	795150
28	Дільниця столярна та ремонтно-будівельна	2	131,05	4500	0,65	88,99	400455
29	Майстерня механічна	2	107,00	4500	0,65	69,55	312975
30	Дільниця вантажна	2	55,83	4500	0,6	33,5	150750
31	Дільниця компресорна	2	72,32	4500	0,6	45,8	206100
32	Прес цех	2	39,30	4500	0,65	27,49	123705
	Разом					2603,730	11716785

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [10].

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження:

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2886,2 \text{ (год)}, \quad (3.30)$$

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}} = \frac{1011,72}{\sqrt{3} \cdot 10} = 29,21 \text{ (А)}. \quad (4.34)$$

Активний опір однієї фази кабелю від ЦРП до ТП1.:

$$R = 0,605 \cdot 0,89 = 0,539 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 29,21^2 \cdot 0,539 \cdot 2886,2 \cdot 10^{-3} = 7956,2 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Аналогічно виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	Довжина, км	I _м , А	R, Ом	τ, год./рік	R _{пит} , Ом/км	ΔE _л , кВт·год.
ЦРП-ТП-1	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,605	29,21	0,539	2886,21	0,89	7956,23
ЦРП-ТП-2	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,202	23,40	0,179	2886,21	0,89	1701,72
ЦРП-ТП-3	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,154	22,93	0,137	2886,21	0,89	1245,37
ЦРП-ТП-4	АПвЭБВ-10 3х35	2	0,253	26,06	0,225	2886,21	0,89	2644,2
Разом								13548

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

ΔP_{кз} і ΔP_{xx} – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

S_φ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 2,1 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{1011,72}{1000} \right)^2 \cdot 2886,2 = 52301,86 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Для інших ТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт*год./рік
КТП-1	ТМ-1000	2	2,1	10,5	1011,72	1000	52301,86
КТП-2	ТМ-1000	2	2,1	10,5	810,69	1000	46750,57
КТП-3	ТМ-1000	2	2,1	10,5	794,27	1000	46351,24
КТП-4	ТМ-1000	2	2,1	10,5	902,79	1000	49141,82
разом							194545,49

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.36)$$

$$E = 11716785 + 13547,52 + 194545,49 = 11924878,02 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$П_1 = 5,4324 \cdot 11924878,02 = 64780707,33 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = П + C_{п}, \quad (4.39)$$

де $П$ – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{п}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\Pi} = 1412728,6 + 131617,15 + 164355,585 + 427175,33 = 2135876,66 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 64780707,33 + 2135876,66 = 66916583,99 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{66916583,99 \cdot 100}{11716785} = 571,12 \text{ (коп./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позна-чення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	E_a	11716785	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	11924878,02	кВт·год.
Плата за електроенергію	Π_1	64780707,33	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C_{Π}	2135876,66	грн.
Сумарні витрати під-ва	$C_{\text{сум}}$	66916583,99	грн.
Собівартість ел.енергії	S	571,12	коп/кВт·год.

Висновки. В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії яка склала 27,87 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У випускній магістерській роботі здійснено дослідження якості електропостачання споживачів Державного підприємства «45 Експериментальний механічний завод», м. Вінниця. Підприємство має багаторічний досвід у виготовленні машин і механізмів спеціального призначення, зокрема для перевезення палива. Основною метою підприємства є виготовлення продукції високої якості, яка в повній мірі задовільняє попит і очікування замовників.

У цехах підприємства на оперативно-ремонтний електротехнічний персонал впливають такі небезпечні та шкідливі фактори, у відповідності з прийнятою класифікацією за ГОСТ 12.0.003-74:

Фізичні:

- рухомі машини і механізми;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухливість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена запиленість повітря робочої зони;
- недостатня освітленість робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);

- нервово – психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Електробезпека

На території підприємства експлуатується комплектна ТП напругою 10/0,4 кВ. Електропостачання виконується трифазною кабельною лінією ААБ(3х50). ДП «45ЕТЗ» відноситься до 1 категорії надійності електропостачання. Дане підприємство живиться від 2 підстанцій ВМЕМ, які знаходяться на відстані 0,4 кілометра. Напруга, що відходить від ТП живить розподільчі пункти цехів трифазною чотирипровідною мережею, величина якої складає 380/220 В.

Для забезпечення нормальної роботи електрообладнання та безпеку обслуговуючого персоналу, на підприємстві, яке проектується, передбачається встановлення штучних захисних заземлюючих пристроїв. Даний засіб збільшення електробезпеки використовують на всіх виробничих одиницях підприємства. В даному проекті виконано розрахунок заземлюючого пристрою для ТП, де ймовірність ураження обслуговуючого персоналу набагато вища.

Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись індивідуальні та колективні засоби захисту від ураження електричним струмом.

Більше число ергономічних вимог до якості техніки, елементам устаткування і просторової організації виробничого середовища може зробити враження закінченості процесу оптимізації робочих місць. Тут як і в кожній іншій складовій робочого місця, варто прийняти багато вирішень, що впливають на естетичну якість робочого середовища. Зокрема необхідно:

визначити і реалізувати помірний ступінь упорядкованості елементів робочого середовища з урахуванням площі робочого місця і розмірів цих елементів;

установити раціональний розподіл світла і тіні;

визначити ступінь взаємного узгодження елементів робочого середовища за формою, кольором і матеріалом.

Робітники можуть бути допущені до роботи тільки після проходження інструктажу з техніки безпеки.

Захист від статичної електрики

Порушення поверхневого контакту при терті тіл призводить до електризації – виникнення електричних зарядів, які можуть утримуватись на поверхні цих тіл протягом тривалого часу. Такі заряди, на відміну від рухомих зарядів динамічної електрики (електричний струм) знаходяться у статичному стані.

Електростатичні заряди виникають: при терті діелектричних тіл один об одного або об метал (наприклад, пасові передачі); при переливанні, перекачуванні, перевезенні в ємкостях горючих та легкозаймистих рідин; при транспортуванні горючих газів трубопроводом; при подрібненні діелектриків; при переміщенні сухого запиленого повітря зі швидкістю понад 15–20 м/с і т. п. За сприятливих умов, наприклад, при низькій вологості повітря статичні заряди не лише утворюються, а й накопичуються. Коли в результаті такого накопичення вони набудуть високого потенціалу, то може виникнути швидкий іскровий розряд між частинами устаткування або розряд на землю. Такий іскровий розряд при наявності горючих сумішей може спричинити вибух чи пожежу. В цьому і полягає основна небезпека статичної електрики. Так бензол, бензин спалахують внаслідок електростатичного розряду при різниці потенціалів до 1000 В, а більшість горючих повітряно-пилових сумішей – до 5000 В (за умови, що іскра має достатню енергію).

Заряди статичної електрики можуть утворюватись чи передаватись (контактним або індукційним шляхом) тілу людини. Якщо виникають іскрові розряди, то вони викликають фізіологічну дію у вигляді уколу чи незначного поштовху, які самі по собі не являють небезпеки для людини (сила струму розряду дуже мала). Однак, враховуючи не очікуваність такого розряду, у людини може виникнути переляк, внаслідок якого може відбутись рефлексорний рух, що в низці випадків призводить до травмування (робота на висоті, біля рухомих незахищених частин устаткування тощо).

Систематичний вплив електростатичного поля підвищеної напруженості негативно впливає на організм людини, викликаючи, в першу чергу, функціональні

розлади центральної нервової та серцево-судинної систем. Відповідно до ГОСТ 12.1.045-84 гранично допустима напруженість електричного поля $E_{\text{дон}}$ на робочих місцях не повинна перевищувати 60 кВ/м, якщо час впливу t_B не перевищує 1 год; при $1 \text{ год} < t_B < 9 \text{ год} - E_{\text{дон}} = 60 \sqrt{t_s}$.

Захист від статичної електрики та її небезпечних проявів досягається трьома основними способами: запобіганням виникнення та накопичення статичної електрики, прискоренням стікання електростатичних зарядів та їх нейтралізацією.

Запобігти виникненню статичної електрики чи зменшити її величину можна заміною небезпечної технології, зменшенням швидкості руху речовин по трубопроводу, виготовленням поверхонь, що труться, з однорідних матеріалів.

Прискоренню стікання зарядів сприяє заземлення устаткування, збільшення електропровідності матеріалів шляхом нанесення на їх поверхню антистатичних добавок чи присадок, підвищення відносної вологості повітря.

Нейтралізація зарядів статичної електрики здійснюється внаслідок іонізації повітря індукційними, високовольтними, радіоактивними та комбінованими нейтралізаторами.

5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

З точки зору охорони праці основними вимогами до устаткування є безпечність для здоров'я і життя людей, надійність і зручність під час експлуатації. При проектуванні машин і механізмів обов'язково повинні враховуватися ергономічні вимоги: розміщення механізмів керування на робочому місці, зусилля для приведення в дію механізмів керування тощо.

При конструюванні устаткування частини, що обертаються, рухаються, комунікації (трубопроводи, кабелі тощо) необхідно розміщувати у корпусі машини, щоб вилучити можливість доступу до них працюючих. Устаткування має відповідати вимогам електробезпеки і гарантувати захист працюючих від ураження електричним струмом.

У конструкції устаткування повинні передбачатися вбудовані (місцеві) відсмоктувачі, необхідні для видалення пожежо-і вибухонебезпечних сумішей, небезпечних і шкідливих хімічних речовин, пилу тощо безпосередньо з місця їх виникнення. Щоб уникнути шуму та вібрації або знизити їх до регламентованих рівнів, необхідно застосовувати звукопоглинаючі матеріали, кожухи тощо.

Механізми керування технологічним обладнанням повинні мати безпечні та зручні форми і поверхню, встановлюватися у безпечному для працюючих місці, приводитись у дію зусиллями, що встановлені відповідними нормами, мати напис про призначення, інструкцію з експлуатації тощо.

При монтажі всі стаціонарні машини, верстати, апарати тощо мають бути встановлені й закріплені таким чином, щоб вилучити можливість їхнього зсуву під час роботи.

Під час експлуатації все технологічне устаткування має утримуватися у справному стані й використовуватися лише за призначенням. Крім того, необхідно усунути можливість випадкового дотику працюючих до устаткування, що має температуру понад 45°C. Якщо цього зробити неможливо, поверхня устаткування повинна мати теплоізоляцію або огороження.

Технологічне устаткування, обслуговування якого пов'язане з переміщеннями працюючого на висоті, повинне мати безпечні й зручні за конструкцією і розмірами робочі майданчики, переходи та драбини. Майданчики та драбини заввишки понад 1,3 м від підлоги обладнуються поручнями.

Устаткування має підлягати періодичному профілактичному оглядові, ремонтам за графіками.

Щойно встановлене устаткування приймається комісією за участю представників органів державного нагляду за охороною праці.

Заходи, що забезпечують безпечність робіт в електроустановках, поділяються на організаційні та технічні.

До організаційних заходів належать:

- дотримання вимог охорони праці жінок та осіб віком до 18 років;

- проведення попередніх та періодичних медичних оглядів осіб, які працюють у шкідливих умовах;
- забезпечення працюючих у шкідливих умовах лікувально-профілактичним обслуговуванням тощо.

Технічні заходи передбачають:

- систематичне підтримання чистоти у приміщеннях і на робочих місцях;
- розробку та конструювання обладнання, що вилучає виділення пилу, газів та пари, інших шкідливих речовин у виробничих приміщеннях;
- забезпечення санітарно-гігієнічних вимог до повітря виробничого середовища;
- улаштування систем вентиляції та кондиціонування робочих місць зі шкідливими умовами праці;
- забезпечення захисту працюючих від шуму, ультра- та інфразвуку, вібрації, різних видів випромінювання
- установка заземлювачів в електроустановках підстанцій та в розподільчих пристроях;
- заземлення повітряної лінії електропередач;
- зберігання та врахування заземлень.

РП, в яких є наявні неізольовані струмопроводи, виконуються у вигляді щита, в середині якого на шини, що пофарбовані в залежності від фази у відповідні кольори, підключається пускозахисна апаратура (автоматичні вимикачі та запобіжники), що в певній мірі виконує захист робітників шляхом вимкнення електрообладнання в аварійних режимах. На дверцятах кожного РП з внутрішньої сторони приведена електрична схема приєднань, а з зовнішньої – попереджувальний знак, що вказує на небезпеку для життя. Внутрішньо-цехова мережа виконана ізольованими струмопроводами прокладення відкрите, кріплення за допомогою скоб. Жили кабелів зроблені так, що візуально за кольором ізоляції їх можна відрізнити (це відноситься до всіх струмопроводів).

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).

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Визначення загальної оцінки умов праці базується на диференційованому аналізі визначення умов праці для окремих факторів виробничого середовища і трудового процесу. До факторів виробничого середовища належать: показники мікроклімату; вміст шкідливих речовин в повітрі робочої зони; рівень шуму, вібрації, інфра- та ультразвуку; стан освітленості; вплив електромагнітних полів та іонізуючого випромінювання.

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення. Слюсарі-електромонтери виконують роботи категорії важкості Пб (роботи, які пов'язані з ходінням і переміщенням вантажів масою до 10 кг). Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведені в таблиці 5. 1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні виробничих приміщень з категорією робіт П б

Період року	Категорія робіт	Температура повітря	Відносна вологість %	Швидкість руху повітря
		Допустима на роб. місці	Допустима на роб. місці	Допустима на роб. Місці
Холодний і перехідний	П б	15-21	75	не більше 0,4 м/с
Теплий		16-27	70 при 25 °С	0,2-0,5 м/с

5.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах даного виробництва в цехах можливим забруднювачем являється нетоксичний пил.

Таблиця 5.2 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

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

Для видалення шкідливих домішок з повітря у виробничих приміщеннях проектом передбачено застосування вентиляції і кондиціонування повітря.

Природню аерацію в теплу пору року можна регулювати за допомогою фрагуг, які встановлюються у віконних пройомах і через витяжні ліхтарі, які встановлюються на даху приміщення – це безканална вентиляція. Більш активна вентиляція забезпечується пристроєм вентиляційних каналів, які споруджуються у стінах приміщення. При цьому для підсилення швидкості руху повітря на виході теплого повітря зовні, а саме на трубі, яка розташовується на даху будівлі, встановлюють спеціальні камери-патрубки.

Природна вентиляція не передбачає підігрів та зволоження повітря, яке поступає у приміщення, і очистка від пилу повітря, яке видаляється на зовні, тому для досягнення максимального рівня вентиляції ще використовують механічну вентиляцію.

5.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. Адже, 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до

професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або e :

$$e = E_{\text{вн}} / E_{\text{зов}} \cdot 100\%,$$

де $E_{\text{вн}}$ – внутрішня природна освітленість у приміщенні в місці, що розглядається, лк;

$E_{\text{зов}}$ – зовнішня природна освітленість дифузним світлом всього небосхилу, виміряна одночасно з $E_{\text{вн}}$, лк.

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 5.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне $E_{\text{н пр}}$	Сумісне $E_{\text{сум}}$
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до

10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

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

Також шуми діляться на постійні та непостійні. До постійного відносять шуми, рівні звуку яких за восьмигодинний робочий день змінюються в часі не більше ніж на 5 дБ. Непостійні шуми діляться на коливальні в часі, переривчасті та імпульсні. До коливальних шумів відносять такі рівні звуку, котрих безупинно змінюються в часі. До переривчастих відносять шуми, рівні звуку яких змінюються східчасто на 5 дБ та більше; причому тривалість інтервалів, протягом яких рівень залишається незмінним, складає 1 с і більше. До імпульсних відносять шуми, що складаються з одного або декількох звукових сигналів, кожний з яких тривалістю менше 1 с; при цьому рівні звуку, виміряні шумомірами на часових характеристиках «повільно», «імпульс» повинні відрізнитись не менше ніж на 7 дБ.

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

На даному підприємстві джерелами шуму є станочне обладнання, преси, шліфувальні верстати та інші види виробничого обладнання.

Дія шуму негативно впливає на людину, так як знижується гострота зору, підвищується кров'яний тиск, знижується увага, також шум впливає на негрову та серечно-судинну системи.

Методи зниження шуму: зниження шуму в умовах виробництва здійснюється головним чином експлуатацією мало шумного обладнання.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні тиску для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Вид трудової ділянки	Рівні звукового тиску, дБ в октавних смугах із середньо геометричними частотами									Рівні звуку дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

В машинах та механізмах підвищений шум часто виникає в результаті недопустимого зносу працюючих частин, підшипників та ін. Тому в процесі експлуатації потрібно своєчасно здійснювати ремонт обладнання.

Також для зниження рівня шуму проектом передбачається використання звукопоглинаючих матеріалів та ущільнення притворів вікон, дверей, воріт та ін.

В якості засобів індивідуального захисту від шуму використовуються спеціальні навушники та протишумні каски.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називаються будь-які механічні коливання пружних тіл. В залежності від дії на людину, вібрації діляться на загальну і локальну. Загальна вібрація передається через опорні поверхні на все тіло людини, що сидить або стоїть, локальна – тільки на окремі частини тіла (руки, ноги).

В заготівельному цеху, що проектується джерелами вібрації є різні технологічні процеси, преси та ін.

Допустимі рівні загальної виробничої вібрації на постійних робочих місцях наведені в таблиці 5.5.

Методи і засоби зменшення вібрації поділяються на колективні та індивідуальні. Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонансу, динамічного гасіння коливань, заміна конструктивних елементів установок та будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях.

Вид вібрації	Октавні полоси з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на робочому місці	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	—	—	—	—	—

5.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);

При регіональному навантаженні (для чоловіків) - 12 000(40);

При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше 12

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

Щільність сигналів (звукові за1 год) - до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від 50 до 80;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня - більше 8 год;

Змінність роботи – тризмінна (цілодобова).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах дії загрозливих чинників НС

Стійкість об'єктів електроенергетики у надзвичайних ситуаціях є важливою в мирний і в воєнний час з точки зору роботи промислового комплексу та обороноздатності держави. Один із самих уразливих елементів електричних систем це відкриті лінії електропередач, так як це обладнання відкритого типу постійно зазнає впливу різних факторів і дуже уразливе при дії екстремальних природних явищ. Тому для забезпечення надійної роботи ліній електропередач необхідно забезпечувати її захист різними пристроями в залежності від виду впливів.

Системи електропостачання, як частина енергетичного господарства зустрічається повсюди, тому їх функціонування є надзвичайно важливим при НС. Вихід з ладу системи електропостачання збільшить кількість жертв в рази і призведе до зупинки підприємств, викидів небезпечних речовин, зупинки об'єктів інфраструктури тощо.

Найбільш піддаються впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) системи управління, сигналізації електропостачання. ЕМІ ушкоджують напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. ЕМІ має велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від впливу інших загрозливих чинників. Слід також пам'ятати, що механічний захист апаратури не захищає від впливу ЕМІ. Апаратура може бути знищена навіть знаходячись у надійних спорудах [19].

Системи електропостачання в умовах НС вони повинні працювати без перебоїв, тому розробка заходів щодо покращення їх роботи в умовах ЕМІ та дії іонізуючих випромінювань є актуальною задачею при проектуванні.

Дія електромагнітного імпульсу також може призвести до загоряння чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях СЕП. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, елементи, викликає коротке замикання тощо. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання. Він може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, а також до серйозних порушень в контрольних пристроях. ЕМІ пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Це призводить до пожеж та знеструмлення. Саме тому є необхідність дослідження впливу цього фактору на обладнання Системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод».

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи СЕП КП в цих умовах приймається таке максимальне значення дози опромінення елементної бази, при якому в елементній базі можуть виникнути зміни, але СЕП ще буде працювати з необхідною якістю. Максимально допустимі значення потужності дози елементів СЕП наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Максимально допустимі потужності дози СЕП.

№	Блок	Елементи блоків СЕП	$P_{гр,i}$ (Р/год)	$P_{гр}$ (Р/год)
1	БЖ	Транзистори КТ3102В	10^5	10 ⁴
		Діоди загального призначення S1M	10^5	
2	БП	Конденсатори SMD1206 Inf, 16V	10^6	
		Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	10^6	
3	БКП	Мікросхеми PIC16F877	10^4	
		Діелектрики GTP15	10^4	

1. За мінімальним значенням $p_{гр}$ (див. табл. 5.1) межа стійкості $p_{гр}$ роботи системи складає $p_{гр} = 10^4$ (Р/год).

2. Для оцінки безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ($p_{гр}$) за наступною формулою:

$$P_{зр} = K \times p_{зр} \times K_{пос}, \quad (5.1)$$

де: K – коефіцієнт надійності, $K = 0,9..0,95$;

$p_{гр}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін найменш стійкого елемента;

$K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пос} = 2$),

$$P_{гр} = 0,94 \times 10^4 \times 2 = 1,88 \times 10^4 \text{ (Р/год)},$$

1. З вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека в умовах дії іонізуючих випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме $P_{гр} = 1,88 \times 10^4$ (Р/год).

2. Розрахуємо допустимо максимальний час перебування приладу на території в умовах дії іонізуючих випромінювань та ЕМІ:

$$D_{м} = \frac{2P_{зр}(\sqrt{t_K^2} - \sqrt{t_{II}^2})}{1}, \quad (5.2)$$

де: $t_{доп} = 12,342 \times 10^3$ (год).

Отже система електропостачання буде працювати безпечно в умовах іонізуючих випромінювань.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах дії електромагнітного імпульсу

В якості показника безпеки елементів системи до дії електромагнітного імпульсу використовують коефіцієнт безпеки [20]:

$$K_{\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\sigma}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де U_{∂} - допустиме коливання напруги живлення;

$U_{B(\Gamma)}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітних випромінювань у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних системах.

Спочатку визначається допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\partial} = U_{\text{жс}} + \frac{U_{\text{жс}}}{100} \cdot N, \quad (5.4)$$

де N - допустимі коливання (приймається $N = 5\%$)

Шляхом підстановки числових даних в (5.4) отримується:

$$U_{\partial} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6(B).$$

Визначається максимально очікувана напруга в горизонтальних лініях[20]:

$$U_B = \frac{U_{\partial}}{10^{\frac{K}{20}}} \quad (5.5)$$

Після підстановки числових даних:

$$U_B = \frac{12,6}{10^{\frac{40}{20}}} = 0,126(B).$$

З формули визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля [20]:

$$U_B = E_{\Gamma} \cdot l_B. \quad (5.6)$$

Отже, E_{Γ} визначається:

$$E_{\Gamma} = \frac{U_B}{l_B}. \quad (5.7)$$

Після підстановки числових даних в формулу (5.7):

$$E_r = \frac{0,126}{5} = 0,0252 (B/m).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається з формули [20]:

$$E_r = 10^{-3} \cdot E_B. \quad (5.8)$$

Тоді E_B буде:

$$E_B = 0,0252 \cdot 1000 = 25,2 (B/m).$$

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» в умовах надзвичайних ситуацій

Дія підвищення безпеки роботи СЕП необхідно використовувати екранування РЕА і довгих ліній. Для цього визначимо перехідне гасіння енергії електричного поля сталевим екраном.

Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (5.6)$$

де f - найбільш характерна частота, ($f = 15$ кГц).

Для блоків системи електропостачання:

$$t_1 = \frac{40 - 38,72}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,0025 \text{ (см);}$$

Обираємо товщину стінки на порядок вище, для того щоб забезпечити необхідний захист обладнання. Приймемо $t=1$ мм.

$$A = 5,2 * 0,102 * \sqrt{15000} = 65 \text{ (дБ)}.$$

Отже нам потрібно взяти сталевий екран товщиною 1 мм, який забезпечує згасання енергії електричного поля не менше 65 дБ.

Висновки. В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення

оптимальних умов роботи на заводі.

Також в результаті проведених розрахунків визначено, що безпека роботи Системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» забезпечується при рівні радіації до $1,88 \times 10^4$ (Р/год). До дії ЕМП на систему електропостачання необхідно застосовувати екранування РЕА і довгих провідників це суттєво підвищує її стійкість в умовах дії електромагнітного імпульсу. В результаті застосування екранів СЕП буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 25,2 В/м. Ще одним не реалізованим напрямком підвищення безпеки роботи Системи електропостачання «45-й Експериментальний механічний завод» є зменшення струмопровідних провідників шляхом вдосконалення схемоустаткування пристроїв.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі метою, якої було проведення дослідження якості електропостачання споживачів «45-й Експериментальний механічний завод», місто Вінниця, на основі здійснених розрахунків прийняті наступні проектні рішення по модернізації системи електропостачання:

Здійснено розрахунок навантажень підприємства за допомогою методів коефіцієнтів використання та попиту. Проведено розрахунок оптимальної кількості та потужності цехових трансформаторних підстанцій, результатом яких став вибір чотирьох двотрансформаторних ЦТП, марки ТМ – 1000/10. Для живлення підприємства було розраховано та обрано оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення 10 кВ. Оптимальним виявився варіант застосування кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці марки АПвЭБВ-10 3х120 мм². Оптимальний переріз кабельних ліній 10 кВ заводської мережі виконаний АПвЭБВ-10 рівний 25 мм².

Знайдено координати центра навантаження для оптимального розміщення ЦРП на генплані підприємства.

Здійснено розрахунок найбільш економічної величини потужності компенсуючих пристроїв на основі вирішення балансової задачі. БСК необхідно встановити у вузлах ТП на низькій стороні.

Досліджено аналіз впливу відхилення напруги від нормованих значень на роботу електрообладнання в електромережі підприємства. А також розглянуто шляхи підвищення рівнів напруги в мережах підприємства.

Результатом науково-дослідної роботи являється змодельована система роботи силового трансформатора з установленим на ньому пристроєм РПН в електричній мережі даного підприємства для якого проведено моделювання основних режимів роботи в MATLAB Simulink. Також для досягнення оптимальних рівнів напруги в СЕП підприємства здійснено розрахунок параметрів пристроїв ПБЗ.

Запропонована у роботі математична модель управління пристроєм РПН та проведені на ній дослідження основних режимів роботи трансформатора, які

показали оптимальні режими використання пристрою РПН. В системі управління пристрою РПН передбачено використання регулювання перехідних процесів під час переключення відпайок та виконання пуско-захисних функцій обладнання.

Також у роботі було розраховано основні економічні показники для спроектованої СЕП. А саме визначено величину капіталовкладень в спроектовану СЕП. Визначено величину собівартості електроенергії для спроектованої електричної мережі величина якої склала 571,12 коп/кВт·год.

Заключний розділ магістерської кваліфікаційної роботи був присвячений питанням охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на даному підприємстві. Встановлені небезпечні та шкідливі фактори роботи на даному підприємстві та розроблені ефективні заходи для покращення робочих умов персоналу підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., Переробл. й доповнено. - Х.: Міненерговугілля України, 2014.
2. ГОСТ 14209-97 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів».
3. ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання Загальне призначення».
4. РД 153-34.0-15.501-00 «Методичні вказівки по контролю і аналізу якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Частина 1. Контроль якості електричної енергії ».
5. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник / М. Й. Бурбело - Вінниця: ВНТУ, 2017. - 122 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 - «Методика розрахунку електричних завантажень».
7. Електропостачання: навчальний посібник з дипломного проектування / Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Ю.П. Попов.- Красноярськ: ІПК СФУ, 2008.
8. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж: монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін - Вінниця: Універсум - Вінниця, 2005. -122с.
9. Каталог конденсаторних установок [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>
10. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
11. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>
12. Експлуатація освітлювальних установок [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyvalnih-ustanovok.html
13. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>
14. Регулювання напруги в електричних системах - Конспект лекцій з курсу

Електричні системи и мережі [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_11.html

15. Simulink - моделювання і симуляція динамічних систем [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://matlab.ru/products/simulink>

16. MATLAB - високорівневих мову технічних розрахунків [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://matlab.ru/products/matlab>

17. Н.П. Дорофєєв, І.І. Карташев, В.Н. Тульський і ін. Управління якістю енергії. МЕІ 2006 - 320 с.

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

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

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

21. В.В. Грабко. Моделі і засоби регулювання напруги за допомогою трансформаторів з прилаштуваті РПН. Монографія. - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005, 109 с.

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

23. Тарифи на електроенергію для споживачів ПАТ "Хмельницькобленерго" [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.hoe.com.ua/index_21.html

24. ГОСТ 12.0.003-74 - «Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори. Класифікація».

25. ДНАОП 0.03-3.01-71 - «Санітарні норми проектування промислових підприємств».

26. ГОСТ 12.1.008-83 - «Шум. Загальні вимоги безпеки».

27. ГОСТ 12.1.012.-90 - «Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

28. Методичні вказівки относительно опрацювання розділу "Охорона праці" в

дипломних проектах и роботах студентів електротехнічних спеціальностей / Уклад. О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко - В.: ВНТУ, 2003.- 46 с.

29. ГОСТ 12.0.003 - 74. Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори.

30. ГОСТ 12.1.030-81. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення.

31. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

32. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони.

33. ДБН В.2.5-28-2006. Природньо и штучне освітлення.

34. Довідкова книга для проектування електричного освітлення / Под ред. Г.М. Кнорринга. -Л .: Енергія, 1976.-384с.

35. СН 32.23-85 "Санітарні норми допустимого шуму на робочих місцях".

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ___ ” _____ 2021р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____
“ ___ ” _____ 2021 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

«Дослідження якості електропостачання споживачів «45-й Експериментальний
механічний завод», місто Вінниця

08-17.МКР.003.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Войюк Ю.П. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 20м

Гуменний Ю.П _____
(підпис)

Вінниця 2021 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 02.10.2021р.

Дата початку роботи 01.09.2021р.

Дата закінчення роботи 03.12.2021р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета – дослідження якості електропостачання споживачів «45-й Експериментальний механічний завод», місто Вінниця;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства (об'єкта); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об'єкта, дільниці, приміщення); відомості про джерела живлення, їх віддаленість; графіки електричних навантажень (для діючого підприємства, енергетичного району); основні техніко-економічні показники.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. Г.Л. Лисенко, А.Г. Буда, Р.Р. Обертюх. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 60 с,

3.2 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.

3.3. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків».- Вінниця: ВНТУ, 2005р.

3.4 ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.

3.5 Демов О. Д. «Економія електроенергії на промислових підприємствах». – Вінниця: ВНТУ, 2006р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження		
4.2 Проведення дослідних розрахунків		
4.3 Розробка робочих креслень		
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи		

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

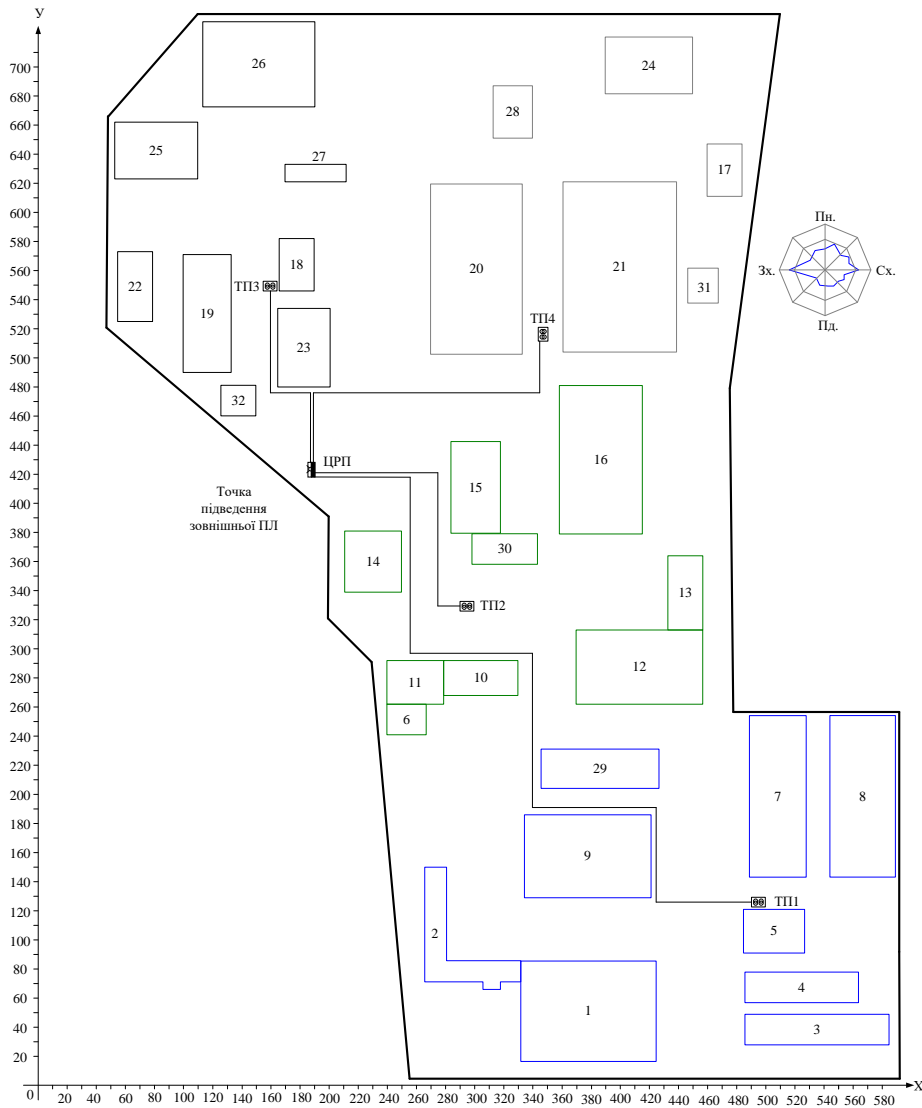
7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

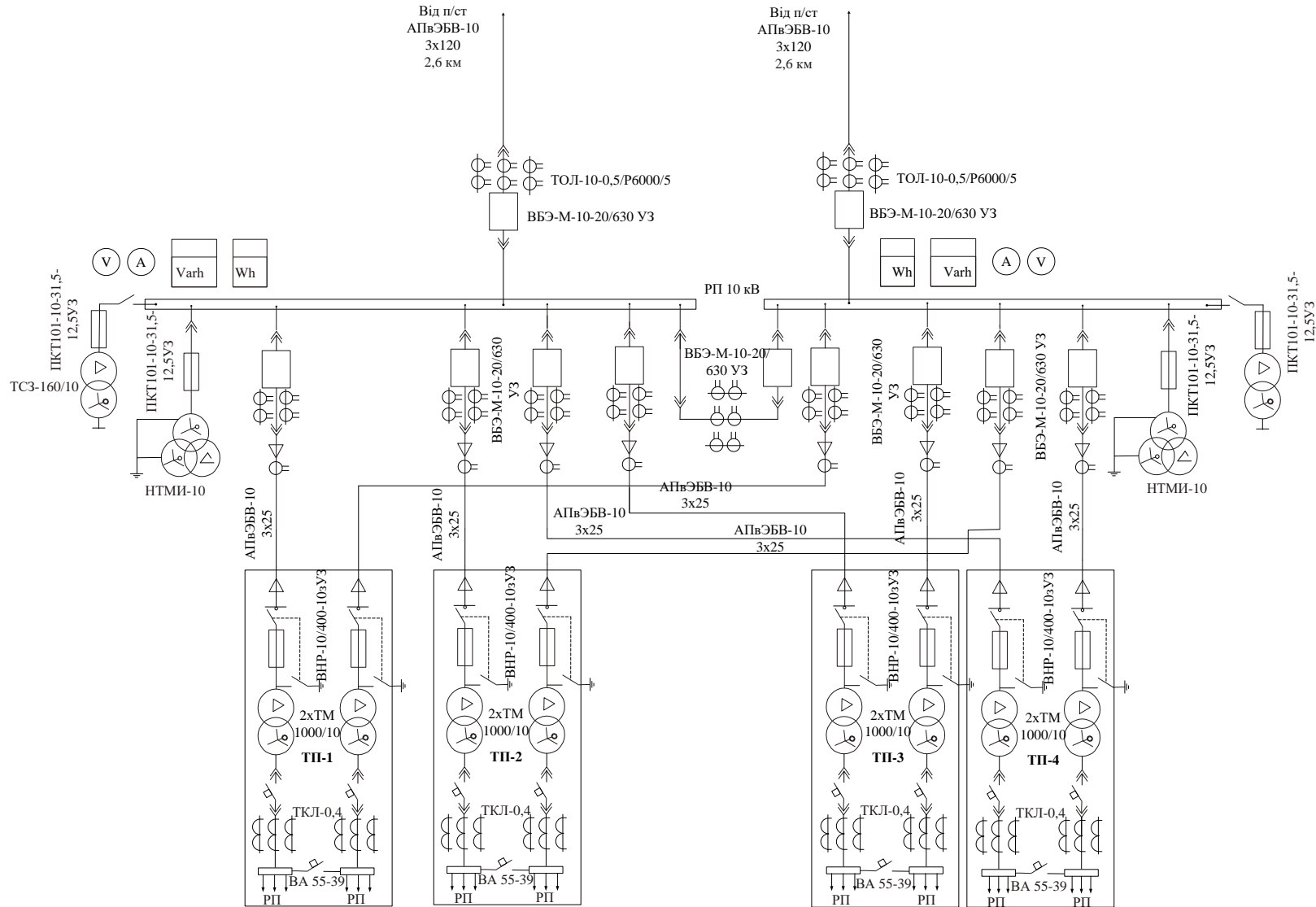
Додаток Б – Вхідні данні



Експлікація будівель та споруд

№	Найменування	Рп, кВт
1	Відділи: технічний та виробничо диспетчерський	150
2	Заводоуправління	33
3	Гараж	28
4	Цех 9	93
5	Цех 4(в т.ч. мех. від.)	165
6	Дільниця ковальсько-пресова	113
7	Склад металу	31
8	Цех 7	166
9	Бюро технічної документації	18
10	Відділення очистки	77
11	Дільниця гальванічного покриття та травлення деталей	96
12	Ідальня на 500 місць	47
13	Заглиблений склад	28
14	Дільниця пресова	86
15	Відділення плазмового різання, дільниця розкрійно-заготівельна	275
16	Склад готових виробів	26
17	Дільниці: розкрійно-заготівельна, пресова, слюсарно-зварювальна, слюсарно-жерстяницька, швейна	11
18	Компресорна	242
19	Будівля автоматичної системи управління виробництвом	43
20	Дільниця слюсарно-складальна	227
21	Дільниці: механічна, слюсарно-ремонтна, електромонтажна обслуговування паросилових установок	126
22	Склад промислових відходів	31
23	Склад ПДО, ЦС	27
24	Пилорамне відділення	87
25	Блок складів №2	27
26	Блок складів № 1	44
27	Дільниця сушки лісоматеріалів	311
28	Дільниця столярна та ремонтно-будівельна	112
29	Майстерня механічна	107
30	Дільниця вантажна	67
31	Дільниця компресорна	73
32	Прес цех	44
	ЦРП	
	ТП-1	ТМ 2x1000
	ТП-2	ТМ 2x1000
	ТП-3	ТМ 2x1000
	ТП-4	ТМ 2x1000

Додаток В –Ілюстративні матеріали



Додаток В – Ілюстративні матеріали

Вхідні дані для розрахунку

Напруга, кВ:

$$U := 10$$

Вхідна реактивна потужність, квар:

$$q_{вх} := 754$$

Коефіцієнт ефективності капіталовкладень

$$E_e := 0.1$$

Коефіцієнт відрахувань на амортизацію

$$E_a := 0.04$$

Питома вартість КУ

$$B_{к0} := 100$$

Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар

$$\Delta P_k := 4.5$$

Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт

$$B_o := 15679.05$$

Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км

$$r_{01} := 0.326 \quad r_{02} := 0.326 \quad r_{03} := 0.326 \quad r_{04} := 0.443$$

Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км

$$L_{л1} := 0.605 \quad L_{л2} := 0.201 \quad L_{л3} := 0.154 \quad L_{л4} := 0.263$$

Опори трансформаторів, Ом

$$r_{т1} := 1.05 \quad r_{т2} := r_{т1} \quad r_{т3} := r_{т1} \quad r_{т4} := r_{т1}$$

Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:

$$q_{н1} := 716.664 \quad q_{н2} := 608.144 \quad q_{н3} := 559.495 \quad q_{н4} := 686.523$$

Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{к1} := 100 \quad q_{к2} := 100 \quad q_{к3} := 100 \quad q_{к4} := 100$$

Довжина та питомий опір лінії живлення:

$$l_{ж} := 2.6 \quad r_{ж0} := 0.25$$

Опір зовнішньої лінії живлення, Ом

$$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.65$$

Опір розподільних ліній живлення, Ом

$$r_{л1} := r_{01} \cdot L_{л1} = 0.197 \quad r_{л3} := r_{03} \cdot L_{л3} = 0.05$$

$$r_{л2} := r_{02} \cdot L_{л2} = 0.066 \quad r_{л4} := r_{04} \cdot L_{л4} = 0.117$$

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$3(q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}, q_{к4}) := \frac{B_o}{U^2 \cdot 1000} \begin{bmatrix} (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{т1} + r_{л1}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{т2} + r_{л2}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н3} - q_{к3})^2 \cdot \left(\frac{r_{т3} + r_{л3}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н4} - q_{к4})^2 \cdot \left(\frac{r_{т4} + r_{л4}}{2} \right) \dots \\ + \left(\frac{q_{н1} + q_{н2} + q_{н3} + q_{н4} - q_{к1} - q_{к2} - q_{к3} - q_{к4}}{2} \right) \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{bmatrix}$$

Given обмеження

$$q_{к1} \geq 0 \quad q_{к2} \geq 0 \quad q_{к3} \geq 0 \quad q_{к4} \geq 0$$

$$(q_{н1} + q_{н2} + q_{н3} + q_{н4}) - (q_{к1} + q_{к2} + q_{к3} + q_{к4}) = q_{вх}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_{к} := \text{Minimize}(3, q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}, q_{к4}) = \begin{pmatrix} 542.169 \\ 413.037 \\ 361.679 \\ 499.941 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

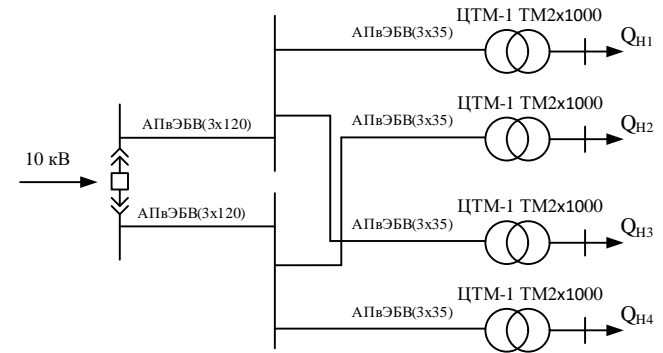
$$3(q_{к1}, q_{к2}, q_{к3}, q_{к4}) = 2.858 \times 10^7$$

Перевірка, квар

$$(q_{н1} + q_{н2} + q_{н3} + q_{н4}) - (q_{к1} + q_{к2} + q_{к3} + q_{к4}) = 754.001 \quad q_{вх} = 754$$

Визначаємо потужності БК у вузлах навантаження, квар:

$$q_{КУ} := \frac{q_{к}}{2} = \begin{pmatrix} 271.084 \\ 206.518 \\ 180.84 \\ 249.97 \end{pmatrix}$$



Однолінійна схема електропостачання

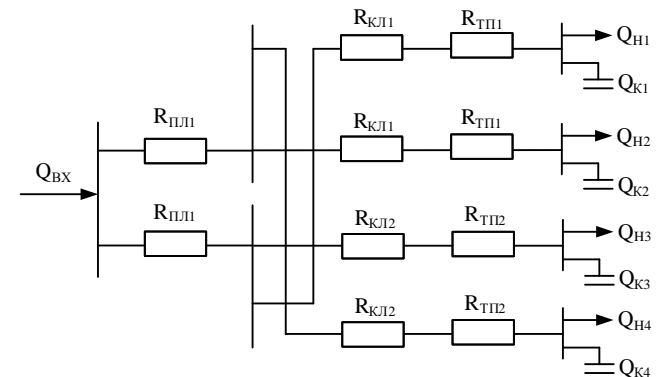


Схема заміщення мережі електропостачання підприємства

ЦТП1: 2 КУ типу УКР 0,4-300/50;

ЦТП2: 2 КУ типу УКР 0,4-200/50;

ЦТП3: 2 КУ типу УКР 0,4-175/25;

ЦТП4: 2 КУ типу УКР 0,4-250/50.

Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

Додаток В– Ілюстративні матеріали

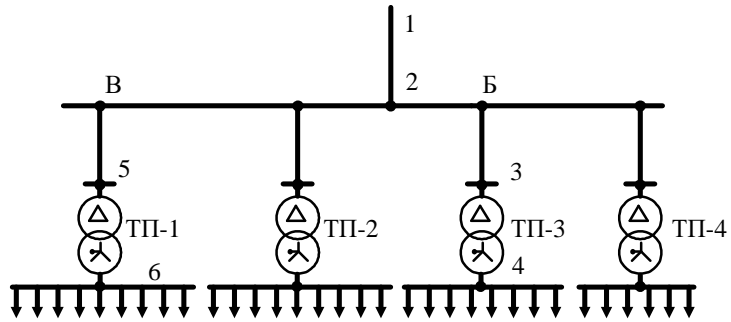


Схема для розрахунку відхилень напруги

Розрахунки по знаходженню відгалужень і коефіцієнта трансформації (ближньої точки Б)

Режими електроспоживання	ВН U_H , кВ	Відгалуження ТП, %	КТР	НН U_{3max} , кВ	Висновок	Опт.
Максимальний	10,1135	- 5,0	23,8095	0,4119	-	
		- 2,5	24,4361	0,4013	-	
		0	25,0627	0,3913	Допустимо	
		+2,5	25,6892	0,3818	Допустимо	V
		+5,0	26,3158	0,3727	-	
Мінімальний	10,09	- 5,0	23,8095	0,418	-	
		- 2,5	24,4361	0,4073	-	
		0	25,0627	0,3971	Допустимо	
		+2,5	25,6892	0,3874	Допустимо	
		+5,0	26,3158	0,3782	Допустимо	V

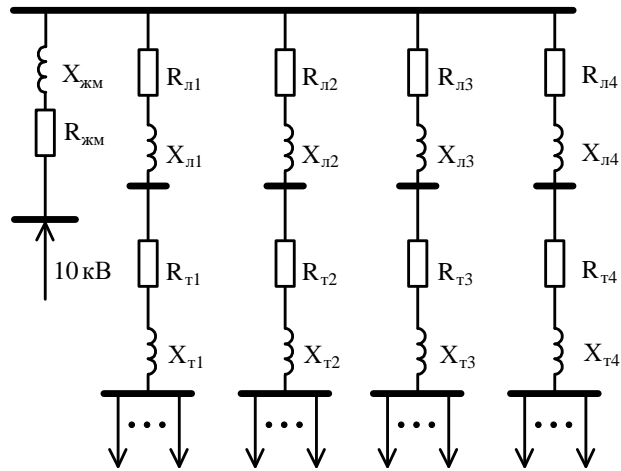


Схема заміщення для розрахунку відхилень напруги

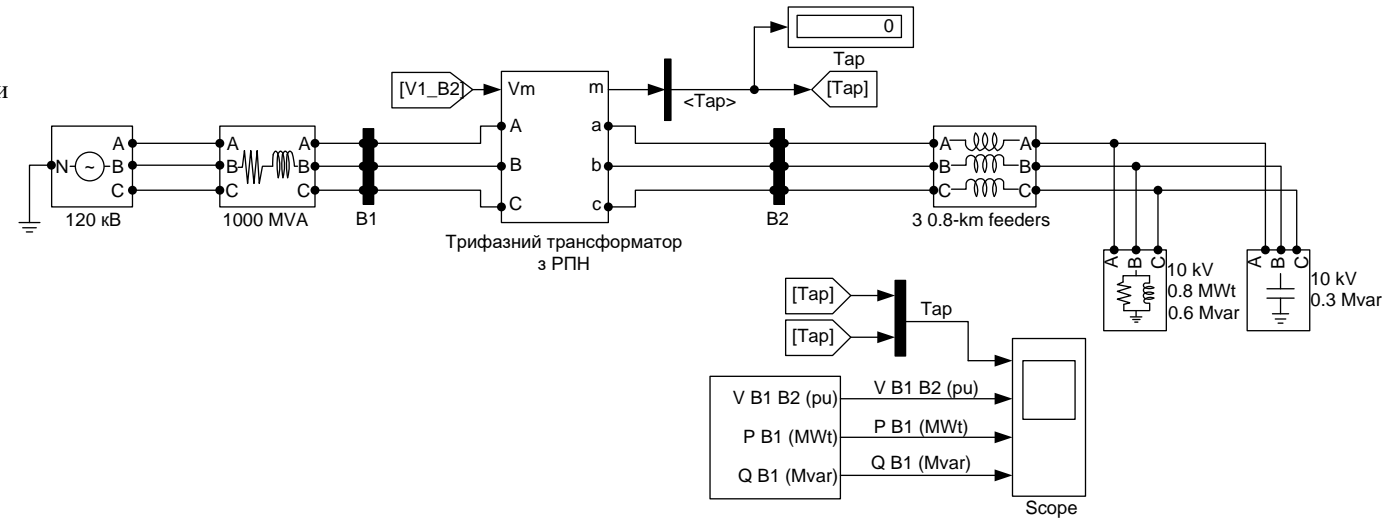
Розрахунки по знаходженню відгалужень і коефіцієнта трансформації (віддаленої точки В)

Режими електроспоживання	ВН U_H , кВ	Відгалуження ТП, %	КТР	НН U_{3max} , кВ	Висновок	Опт.
Максимальний	10,258	- 5,0	23,8095	0,4126	-	
		- 2,5	24,4361	0,402	-	
		0	25,0627	0,392	Допустимо	
		+2,5	25,6892	0,3824	Допустимо	V
		+5,0	26,3158	0,3733	-	
Мінімальний	10,086	- 5,0	23,8095	0,4177	-	
		- 2,5	24,4361	0,407	-	
		0	25,0627	0,3968	-	
		+2,5	25,6892	0,3871	Допустимо	
		+5,0	26,3158	0,3779	Допустимо	V

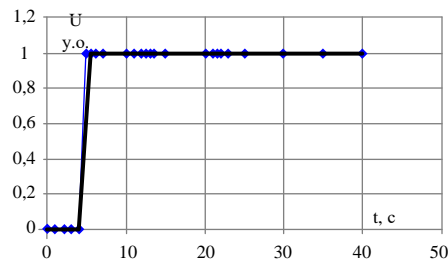
Додаток В - Ілюстративні матеріали

Математична модель САР напруги силового трансформатора з РПН

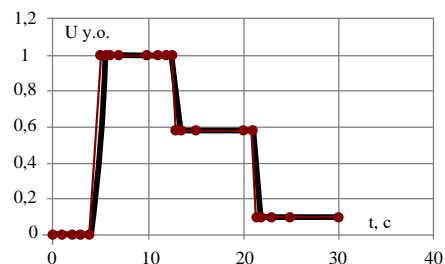
$$K_m = \begin{cases} \frac{U_{i+1}}{U_{н.н}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \leq u_{н.3}; \\ u(t - \tau_3) \leq u_{н.3}; \\ \frac{dU_{or}}{dt} \leq 0; \end{cases} \\ \frac{U_i}{U_{н.н}}, \text{ якщо } u_{н.3} \leq u(t) \leq u_{в.3}; \\ \frac{U_{i-1}}{U_{н.н}}, \text{ якщо } \begin{cases} u(t) \geq u_{в.3}; \\ u(t - \tau_3) \geq u_{в.3}; \\ \frac{dU_{or}}{dt} \geq 0; \end{cases} \end{cases}$$



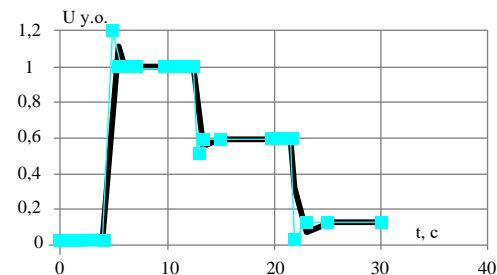
Математична модель силового трансформатора з пристроєм РПН



Зміна величини напруги в часі пристрою РПН



Перехідний процес для аперіодичного характеру сигналу управління величиною напруги U_m



Перехідний процес для коливального характеру сигналу управління величиною напруги U_m

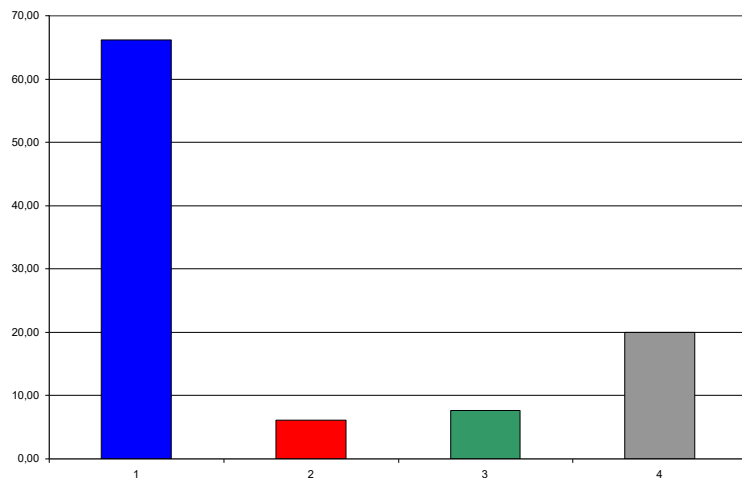
Додаток В-Ілюстративні матеріали

Сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства	2739,26 тис грн
Загальна потреба підприємства в електроенергії	11924878,02 кВт*год/рік
Тариф	5,4324 грн/кВт*год
Оплата за спожиту електроенергію	64780707,33 грн
Собівартість спожитої електроенергії	5,7112 грн/кВт*год

Підсумкова таблиця

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Е _а	11716785	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	11924878,02	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	64780707,33	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	С _п	2135876,66	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	66916583,99	грн.
Собівартість ел.енергії	S	571,12	коп/кВт·год.

Гістограма кошторису річних поточних витрат



Таблиця кошторису річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Рн, кВт
Витрати по експлуатації обладнання	1412728,60	66,14
Витрати на поточний ремонт	131617,15	6,16
Витрати на амортизацію	164355,59	7,69
Інші витрати	427175,33	20,00
Разом	2135876,66	100