

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

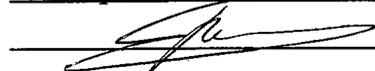
МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«45 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД», МІСТО ВІННИЦЯ**

08-23.МКР.008.01.022 ПЗ

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

 Пундик А. В.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ

 Шулле Ю.А.

«20» 06 2022 р.

Опонент: _____

 Лесків В. О.

«20» 06 2022 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
к.т.н. професор Бурбело М.Й.

 20 » 06 2022 р.

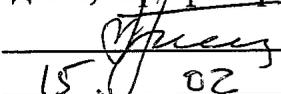
Вінниця 2022

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Категорія знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Світньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., професор

 М. Й. Бурбело

2022 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ПУНДИКУ АНДРІЮ ВОЛОДИМИРОВИЧУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», місто Вінниця
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна
затверджені наказом ВНТУ від «24» березня 2022 р., № 65

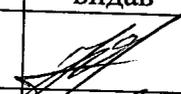
2. Термін подання студентом роботи «09» червня 2022 року

3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. 3. Створення системи керування базами даних енергозбереження. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.

6. Консультанти розділів роботи

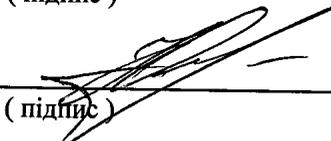
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц., каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ,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

7. Дата видачі завдання «24» березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	20.03.2022	вимог
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання	05.04.2022	вимог
3	Створення системи керування базами даних енергозбереження	25.04.2022	вимог
4	Економічна частина	07.05.2022	вимог
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.05.2022	вимог
6	Графічна частина	30.05.2022	вимог

Студент  Пундик А. В.
(підпис)

Керівник роботи  Шулле Ю.А.
(підпис)

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «45 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД», МІСТО ВІННИЦЯ

08-23.МКР.008.01.022 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-20м з/в
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
_____ Пундик А. В.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ
_____ Шулле Ю.А.
« » _____ 2022 р.

Опонент: _____
_____ 2022 р.

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

« » _____ 2022 р.

Вінниця 2022

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н, професор

_____ М. Й. Бурбело

_____ 2022 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ПУНДИКУ АНДРІЮ ВОЛОДИМИРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», місто Вінниця керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна затверджені наказом ВНТУ від «24» березня 2022 р., № 65
2. Термін подання студентом роботи «09» червня 2022 року
3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. 3. Створення системи керування базами даних енергозбереження. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «24» березня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство		
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання		
3	Створення системи керування базами даних енергозбереження		
4	Економічна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Графічна частина		

Студент _____ Пундик А. В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Шулле Ю.А.
(підпис)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Пундик Андрій Володимирович. Підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2022. 85 с.

На укр. мові. бібліогр.: 42 назв; рис.: 32; табл.: 26.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розв'язано питання підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод».

В роботі визначено оптимальні параметри системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод». Створено систему керування базами даних енергозбереження. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, енергоефективність, енергозбереження, завод, підприємство.

ABSTRACT

Pundyk Andriy Volodymyrovych. Improving the energy efficiency of the power supply system of the state enterprise «45 Experimental Mechanical Plant», Vinnytsia. Master's qualification work in the specialty 141 – electric power, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2022. 85 p.

In Ukrainian language. bibliogr.: 42 titles; Fig. Stk.: 32; table.: 26

In the given master's qualification work the question of increase of energy efficiency of system of power supply of the state enterprise «45 experimental mechanical plant» is solved.

The optimal parameters of the power supply system of the state enterprise «45 Experimental Mechanical Plant» are determined in the work. An energy saving database management system has been created. The main economic indicators of the power supply system have been calculated and measures on labor protection and safety in emergency situations have been worked out.

Key words: power supply system, energy efficiency, energy saving, plant, enterprise.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Характеристика підприємства	9
1.2 Характеристика діючої системи електропостачання	12
1.3 Висновки до розділу 1	13
2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СЕП	14
2.1 Розрахунок електричних навантажень заводу	14
2.2 Оптимізація кількості та потужності цехових ТП.....	17
2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення.....	22
2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП.....	26
2.5 Визначення оптимальної потужності компенсувальних пристроїв	29
2.6 Висновки до розділу 2	32
3 СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БАЗАМИ ДАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	34
3.1 Основи створення бази даних по енергозбереженню	34
3.2 Розробка інтерфейсу головного меню бази даних по енергозбереженню.....	39
3.3 Принцип роботи розрахункового блоку СКБД.....	40
3.3.1 Розрахунок балансової задачі КРП.....	41
3.3.2 Індивідуальна компенсація реактивної потужності	46
3.4 Висновки до розділу 3	47
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ..	49
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	49
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	51
4.3 Розрахунок поточних витрат	53
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	53
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	55
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	57
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	59
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії.....	60
4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	60
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	63
4.5 Висновки до розділу 4	64
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	65
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	66
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	66

5.1.2 Електробезпека.....	69
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	70
5.2.1 Мікроклімат.....	70
5.2.2 Склад повітря робочої зони	70
5.2.3 Виробниче освітлення	71
5.2.4 Виробничий шум	72
5.2.5 Виробничі вібрації	73
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ДП «45 ЕМЗ» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	74
5.3.1 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ДП «45 ЕМЗ» в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	75
5.3.2 Дослідження стійкості роботи системи електропостачання ДП «45 ЕМЗ» в умовах дії електромагнітного імпульсу	76
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання ДП «45 ЕМЗ» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	78
5.4 Висновки до розділу 5	78
ВИСНОВКИ.....	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ДОДАТКИ	
Додаток А – Технічне завдання	
Додаток Б – Вихідні дані	
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства	
Додаток Д – Матеріали роботи	

ВСТУП

Актуальність теми. Система електропостачання (СЕР) державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» була спроектована, змонтована і прийнята в експлуатацію ще в п'ятидесятих роках минулого століття. Тоді вона задовольняла всім вимогам, адже було встановлено не той час сучасне електрообладнання.

Із того часу повністю змінився асортимент продукції, що виготовляється на підприємстві, а ще суттєві зміни відбулись в технологіях виробництва й технологічному обладнанні. Сьогодні використовується морально застаріле електрообладнання, а технічні параметри устаткування й електричних мереж в багатьох випадках не відповідають електричним навантаженням й параметрам нормальних та аварійних режимів роботи. Для державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» характерним також є незадовільний стан енергозбереження і, як наслідок – збитки різної природи.

Отже, для державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» актуальною задачею є підвищення енергоефективності системи електропостачання шляхом оптимізації самої системи електропостачання, а саме вибором:

- оптимальної кількості та потужності трансформаторів цехових ТП;
- оптимальних перерізів провідників електромереж;
- оптимального розміщення трансформаторних підстанцій;
- оптимальних потужностей конденсаторних установок.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» шляхом прийняття оптимальних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування СЕР.

Для досягнення поставленої мети у роботі розв'язуються задачі:

- виконати автоматизований розрахунок оптимальних потужностей

трансформаторів цехових ТП;

- здійснити автоматизований розрахунок оптимальних перерізів провідників електричних мереж;
- виконати автоматизований розрахунок оптимального розміщення трансформаторних підстанцій;
- зробити автоматизований розрахунок оптимальних потужностей конденсаторних установок;
- розробити уніфіковану базу даних з енергозбереження.

Об'єкт дослідження – система електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод».

Предмет дослідження – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод».

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалено систему електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», а саме, шляхом автоматизованого вибору оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП, перерізів провідників електричних мереж, оптимального розміщення трансформаторних підстанцій, розрахунку оптимальних потужностей конденсаторних установок та створення уніфікованої бази даних з енергозбереження.

Практичне значення одержаних результатів: практична реалізація отриманих рішень дозволить оптимізувати електропостачання та підвищити енергоефективність системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод»: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП нормальним та аварійним електричним режимам, зменшити витрати електроенергії.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Характеристика підприємства

Державне підприємство «45 експериментальний механічний завод» входить до державного концерну «Укроборонпром» із повним виробничим циклом виготовлення виробів з значним обсягом експериментальних та дослідних робіт .

45 експериментальний механічний завод було засновано в 1943 році. Це провідне підприємство з виробництва технічних засобів транспортування, заправки, перекачування й зберігання нафтопродуктів.

Володіючи унікальним обладнанням, а саме пресами зусиллям до 2500 т. , верстатами з ЧПУ, а також значною документально-технічною базою, завод приймає індивідуальні замовлення на виготовлення виробів за ескізами чи кресленнями замовника із чорних, нержавіючих сталей та кольорових металів.

З ціллю розширення ринків збуту ДП «45 експериментальний механічний завод» налагоджує зв'язки з організаціями, що безпосередньо займаються продажем продукції машинобудівного виробництва. Ще одним пріоритетним напрямком діяльності заводу є заготівля й переробка брухту чорних металів і продаж виробів з металу. Окрім цього, завод спеціалізується на випуску продукції побутового призначення.

За характером технологічного процесу завод відноситься до складального виробництва, тобто коли частина комплектуючих вузлів, які виготовляються на інших заводах, збираються, налагоджуються, випробовуються. Здебільшого на заводі використовуються технології холодної обробки металів. Більшість споживачів СЕП заводу відноситься до II категорії надійності електропостачання [5, 7]. Основне обладнання підприємства заживлено напругою 380 В промислової частоти, умови приміщень – нормальні з підвищеною електронезбезпекою.

На рис.1.1 показано генеральний план ДП «45 експериментальний механічний завод», а відомості про електричні навантаження СЕП підприємства наведено в табл.1.1.

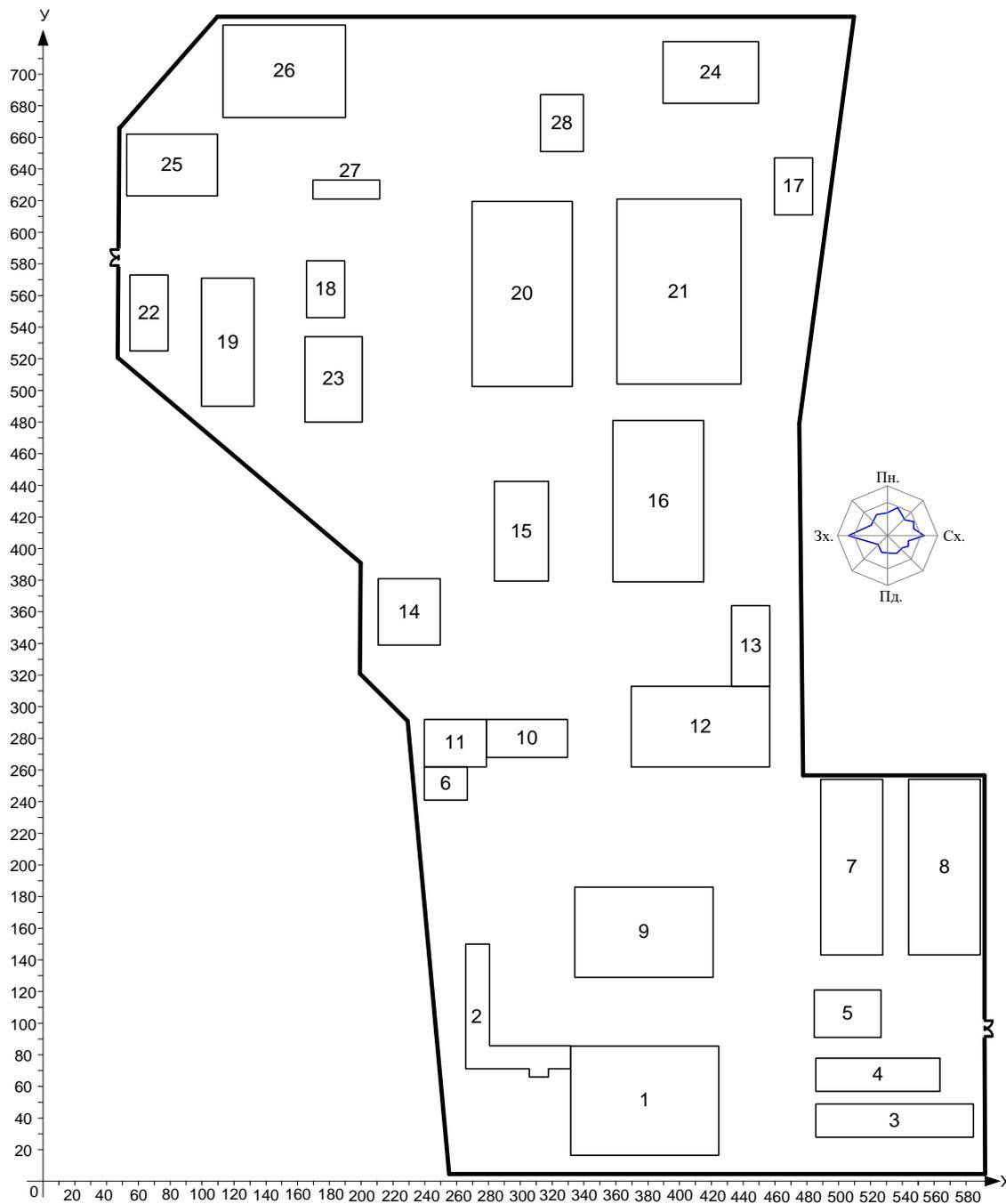


Рисунок 1.1 – Генеральний план ДП «45 експериментальний механічний завод»

Відстань заводу до живлячої підстанції енергосистеми 3,2 км.

Час використання максимального навантаження $T_M=3500$ год/рік.

Потужність КЗ зі сторони 10 кВ $S_{КЗ}=50$ МВА.

Час максимальних втрат $\tau_M=1968,16$ год/рік.

Вхідна РП встановлена $Q_{ВХ}=648$ квар.

Напруга на шинах 10 кВ РТП в режимі максимального навантаження заводу $U_{\max} = 1,03 U_n$, в режимі мінімального навантаження заводу $U_{\min} = 1,01 U_n$.

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження ДП «45 експериментальний механічний завод»

№	Цех	Рн, кВт
1	Відділи: технічний та виробничо диспетчерський	182
2	Заводоуправління	36,4
3	Гараж	31,2
4	Цех 9	114,4
5	Цех 4	208
6	Дільниця ковальсько-пресова	143
7	Склад металу	36,4
8	Цех 7	210,6
9	Бюро технічної документації	22,1
10	Відділення очистки	97,5
11	Дільниця гальванічного покриття та травлення деталей	122,2
12	Їдальня	59,8
13	Заглиблений склад	31,2
14	Дільниця пресова	106,6
15	Відділення плазмового різання, дільниця розкрійно-заготівельна	351
16	Склад готових виробів	27,3
17	Дільниці: розкрійно-заготівельна, пресова, слюсарно-зварювальна, слюсарно-жерстяницька, швейна	10,4
18	Компресорна	351
19	Будівля автоматичної системи управління виробництвом	58,5
20	Дільниця слюсарно-складальна	312
21	Дільниці: механічна, слюсарно-ремонтна, електромонтажна обслуговування паросилових установок	169
22	Склад промислових відходів	41,6
23	Склад ПДО, ЦІС	36,4
24	Пилорамне відділення	117
25	Блок складів №2	36,4
26	Блок складів № 1	58,5
27	Дільниця сушки лісоматеріалів	416
28	Дільниця столярна та ремонтно-будівельна	130

1.2 Характеристика діючої системи електропостачання

Діюча СЕП ДП «45 експериментальний механічний завод» має велику кількістю електрообладнання характеристики якого не відповідають параметрам нормальних й аварійних режимів. Окрім того, є морально застаріле та фізично зношене обладнання.

В сучасних електричних мережах застосовуються керовані батареї статичних конденсаторів, що дозволяють ефективно знизити активні втрати на передачу електроенергії. Встановлених в СЕП ДП «45 експериментальний механічний завод» потужностей конденсаторних установок недостатньо для ефективного зниження втрат. Причому, деякі з них є нерегульованими.

В наслідок зміни технологічного обладнання на обладнання з меншою чи з більшою потужністю, а також зміною технологічних планувань рівні відхилень напруги на затискачах окремих електроприймачів не відповідають нормованим значенням. У деяких випадках є завищена напруга, а на інших – занижена. Часто не забезпечуються відхилення напруг лише для одного з характерних режимів.

На заводі використовуються електричні навантаження, що негативно впливають на електричну мережу. Окрім того, ДП «45 експериментальний механічний завод» знаходиться в отчені житлового мікрорайону й певні спотворення якісних характеристик є наслідком комунально-побутового навантаження.

Окрім відхилення напруги незадовільними є такі показники якості електричної енергії:

- несиметрія напруги по зворотній послідовності;
- коефіцієнт n -ої гармонійної складової напруги;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги;
- несиметрія напруги по нульовій послідовності.

При зростанні навантажень в енергосистемі (особливо це помітно в зимовий час) на заводі, як й у всій енергосистемі, незадовільною є характеристика якості електроенергії по частоті – відхилення частоти.

Такий незадовільний стан якості електроенергії є причиною для появи додаткових збитків на заводі.

1.3 Висновки по розділу 1

Проаналізувавши систему електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод» можна зробити наступні узагальнення:

1. Система електропостачання заводу має велику кількість обладнання характеристики якого повністю, або частково не відповідають параметрам нормальних й аварійних режимів. Також є морально застаріле та фізично зношене обладнання.

2. Деякі елементи електричних мереж заводу не відповідають потенційним параметрам аварійних режимів роботи.

3. Рівні відхилень напруги на затискачах окремих електроприймачів заводу не відповідають нормованим значенням. В деяких випадках завищені напруги, а на інших – занижені напруги. Буває, що не забезпечуються відхилення напруги лише для одного з характерних режимів.

4. Економічні й технічні характеристики СЕП потребують оптимізації електропостачання заводу.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок оптимальних електричних навантажень заводу

Для розрахунку силових та освітлювальних навантажень підприємства можна використати методи коефіцієнтів використання k_B й попиту k_{II} [8, 21]. Для зручності розрахунків створимо базу даних на листі MS Excel (рис.2.1 - 2.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
1	БАЗА ДАНИХ													
2	ЗАГАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ПРОЕКТУ													
3														
4														
5	Довжина лінії живлення, км										L= 3,2	K5:= L		
6	Номинальна напруга мережі в точці КЗ, кВ										U= 10	K6:= U		
7	Іміджанс КЗ в характерній точці джерела живлення, МЕ										S _{кз} = 50	K7:= S _{кз}		
8	Кідна реактивна потужність на одну лінію живлення, кВА										Q _{вх} = 648	K8:= Q _{вх}		
9												Q _{вх} := 0,3*P _{сум}		
10	Час використання максимального навантаження, год										T _м = 3500	K10:= T _м		
11	Час максимальних втрат, год										t= 1968,16	K11:= t		
12	Тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год										t= 3,5	K12:= t		
13	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo= 6888,57	K13:= Bo		
14	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee= 0,1	K14:= Ee		
15														
16	Віпрахування на амортизацію							Ea, %	Tc, років					
17	ПЛ 0,4-10 кВ на з. б. опорах							3%	33					
18	на дерев'яних опорах							6%	17					
19	КЛ 6-10 кВ із свинцевою оболонкою							2%	50					
20	алюмінієвою оболонкою							4%	50					
21	пластмасовою оболонкою							5%	25					
22	ТП 10-750 кВ - електрообладнання							4,4%	23	H20:=Ea_kl				
23	ТП в цілому							3,6%	---	H17:=Ea_pl				
24	Мачтові ТП та КТП 6-35 кВ							6,6%	16	H23:=Ea_ТП				

Рисунок 2.1 – База загальних даних

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
28	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСФОРМАТОРІВ														
29															
30	Параметри трансформаторів 10 кВ														
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	A34:A42:=	St			
32	S _т	U _{нт}	D _{Рхх}	D _{Рк}	I _{хх}	U _к	R _т	X _т	K _{т1}	K _{т2}	B34:B42:=	Unt			
33	кВА	кВ	кВт	кВт	%	%	Ом	Ом	тис. грн	тис.грн	C34:C42:=	dP_xх			
34	63	10	0,24	1,28	2,8	4,5	32,25	63,73	110,87	269,38	D34:D42:=	dPk			
35	100	10	0,33	1,97	2,6	4,5	19,70	40,46	124,79	286,06	E34:E42:=	Ixx			
36	160	10	0,51	3,1	2,4	4,5	12,11	25,38	141,69	307,83	F34:F42:=	Uk			
37	250	10	0,74	4,2	2,3	4,5	6,72	16,70	165,29	335,98	G34:G42:=	Rt			
38	400	10	0,95	5,9	2,1	4,5	3,69	10,63	185,61	397,01	H34:H42:=	xt			
39	630	10	1,31	8,5	2	5,5	2,14	8,46	216,86	417,43	I34:I42:=	Kt1			
40	1000	10	2,1	10,5	1,4	6	1,05	5,91	299,80	561,90	J34:J42:=	Kt2			
41	1600	10	2,8	18	1,3	5,5	0,70	3,36	346,01	690,63	Rt=dPk*(Unt^2)*1000/(St^2)				
42	2500	10	3,85	23,5	1	6,5	0,38	2,57	424,78	832,99	xt=(КОЕПНЬ((UK/100)^2-(dPk/St)^2)*Unt^2*1000)/St				

Рисунок 2.2 – База економічних та технічних даних силових трансформаторів 10 кВ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
45	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЛ											
46												
47	АС; АпС; АСК; АпСК; АСКП; АпСКП; АСКС; АпСКС											
48	1	2	3	4	5	6	7					
49	Пере-	Діа-			10 кВ	Dcp = 1250						
50	різ,	метр,	Ro	Ідоп	Хо	Ко1,	Ко2,					
51	мм ²	мм	Ом/км	А	Ом/км	т.грн/км	т.грн/км					
52	10	4,5	2,766	84	0,412	55,65	67,36					
53	16	5,6	1,801	111	0,399	60,43	91,8					
54	25	6,9	1,176	142	0,385	62,3	95,22					
55	35	8,4	0,79	175	0,373	65,2	99,27	G49:=Dcp				
56	50	9,6	0,603	210	0,365	68,26	103,57	A52:A63:=	Fpl			
57	70	11,4	0,428	265	0,354	74,69	113,51	B52:B63:=	dpl			
58	95	13,5	0,31	330	0,343	83,17	125,48	C52:C63:=	R0pl			
59	120	15,2	0,25	390	0,336	89,98	134,76	D52:D63:=	ldoppl			
60	150	16,8	0,199	450	0,330	101,62	156,07	E52:E63:=	X0pl			
61	185	18,8	0,158	520	0,323	148,63	195,4	F52:F63:=	Ko1pl			
62	240	21,6	0,122	605	0,314	166,82	208,45	G52:G63:=	Ko2pl			
63	300	24	0,099	710	0,307	178,72	226,74	X0pl=ЕСЛИ(dpl=""; "", 0,1445*LOG(2*Dcp/dpl)+0,0157)				

Рисунок 2.3 – База технічних та економічних даних ПЛ

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
66	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КЛ									
67										
68	Алюмінієві кабельні лінії з паперовою ізоляцією									
69	1	2	3	4	5	6	7	8		
70	Пере-		0,38 кВ			10 кВ				
71	різ,	Ro	Хо	Ідоп	Ко1,	Хо	Ідоп	Ко1,		
72	мм ²	Ом/км	Ом/км	А	т.грн/км	Ом/км	А	т.грн/км		
73	10	3,1	0,073	65	16,875	0,122	50	21,461		
74	16	1,94	0,0675	75	23,857	0,113	75	31,012		
75	25	1,24	0,0662	90	34,362	0,099	90	44,669		
76	35	0,89	0,0637	115	44,919	0,095	115	58,394	A73:A84:=	Fkl
77	50	0,62	0,0625	140	63,911	0,09	140	83,084	B73:B84:=	R0kl
78	70	0,443	0,0612	165	87,406	0,086	165	113,627	C73:C84:=	X0kl038
79	95	0,326	0,0602	205	113,281	0,083	205	147,265	D73:D84:=	ldopkl038
80	120	0,258	0,0602	240	143,348	0,081	240	186,352	E73:E84:=	Ko1kl038
81	150	0,206	0,0596	275	176,726	0,079	275	229,745	F73:F84:=	X0kl10
82	185	0,167	0,0596	310	237,947	0,077	310	309,330	G73:G84:=	ldopkl10
83	240	0,129	0,0587	355	330,010	0,075	355	429,012	H73:H84:=	Ko1kl10

Рисунок 2.4 – База технічних та економічних даних КЛ

Створимо електронну таблицю для визначення розрахункової потужності цехів та заводу в цілому. Результати розрахунків показано на рис. 2.5. Повна середня потужність заводу $S_{c\Sigma}=2325,66$ кВА, а повна розрахункова потужність заводу з врахуванням коефіцієнта одночасності $S_{p\Sigma}=2748,61$ кВА.

2.2 Оптимізація кількості та потужності цехових ТП

Під час вибору оптимальних цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) необхідно притримуватись вимог [8, 21]:

- критерієм ефективності вибору ЦТП є річні приведені затрати;
- в СЕП заводу загальна кількість стандартних потужностей трансформаторів не повина перевищувати дві (максимум три);

Для вибору кількості й потужності цехових ТП необхідно орієнтуватись на питому густину навантаження по заводу.

Згідно ПУЕ [1] кількість трансформаторів ТП повина відповідати категорії надійності споживача. Оскільки завод належить до другої категорії по електропостачанню, необхідно використовувати двотрансформаторні підстанції.

Потужності трансформаторів повинні бути допустимими в нормальному й післяаварійному режимах роботи. Потрібно дотримуватись умови, що у випадку виходу з ладу одного трансформатора двотрансформаторної ТП – трансформатор, що залишається в робочому стані має витримувати розрахункове навантаження споживачів першої й другої категорії даної ТП.

Розподілення навантаження підприємства між ТП показано на рисунку 2.6.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність P_p , кВт	Розрахункова реактивна потужність Q_p , кВАр	Повна розрахункова потужність S_p , кВА	Середня активна потужність P_c , кВт	Середня реактивна потужність Q_c , кВАр	Повна середня потужність S_c , кВА
1									
2		1	Відділ: технічний...	94,17568	76,7128904	121,4657411	73,17568	52,1611698	89,8636065
3		2	Заводоуправління	35,35975	20,5806925	40,91303978	31,15975	17,4306925	35,7037682
4		3	Гараж	35,84031	17,9159586	40,06880822	31,04031	14,9411857	34,4490911
5		4	Цех 9	79,43782	53,8702626	95,98110459	61,83782	40,6702626	74,0134193
6	ТП1	5	Цех 4 (в т.ч. мех. від.)	126,1372	90,078996	154,9994153	94,1372	66,078996	115,014113
7		7	Склад металу	68,018995	32,1702307	75,24298919	63,818995	29,5673044	70,3355501
8		8	Цех 7	178,6428	235,015577	295,2042877	146,2428	178,897131	231,065229
9		9	Бюро технічної...	60,73998	30,7251914	68,06895443	59,03998	28,4585247	65,5408794
10			Всього по ТП1	678,35254	557,069799	877,7749842	560,452535	428,205267	705,31326
11		6	Дільниця ковальсько...	83,36174	70,6431652	109,2686436	61,36174	51,2409889	79,9431178
12		10	Відділення очистки	68,3676	102,638426	123,3238631	49,6176	70,1624733	85,9341544
13		11	Дільниця гальванічного...	84,0135	77,7351913	114,4597228	60,5135	53,7603959	80,9448198
14		12	Ідальня на 500 місць	45,03648	29,5656742	53,87405332	38,13648	21,4986803	43,7788118
15		13	Заглиблений склад	28,13328	25,1053104	37,7062071	24,53328	20,3053104	31,84631
16	ТП2	14	Дільниця пресова	50,09728	57,2440134	76,06980042	37,79728	38,5666948	54,0002252
17		15	Відділення плазмового...	112,1715	104,008029	152,9709628	71,6715	62,6897643	95,2198008
18		16	Склад готових виробів	66,9609	32,825187	74,57382269	63,8109	30,462687	70,7093081
19		17	Дільниця: розкрійно...	8,1024	4,90052175	9,469107622	6,9024	3,67627687	7,82036683
20		21	Дільниця: механічна...	182,42653	110,755481	213,4155931	169,42653	99,2905585	196,377097
21			Всього по ТП2	728,67121	615,420999	953,7844295	583,77121	451,65383	738,092141
22		18	Компресорна	119,40896	57,3212843	132,4546313	99,40896	47,6348422	110,23257
23		19	Будівля автоматичної...	42,60897	20,8834057	47,45145895	40,35897	19,4889809	44,818153
24		20	Дільниця слюсарно...	226,70262	182,471511	291,0153439	202,70262	157,986614	256,998292
25		22	Склад промислових...	30,77888	23,6225099	38,79900033	29,17888	21,9901834	36,5373125
26		23	Склад ПДО, ЦС	33,2456	22,5584649	40,17653863	31,8456	21,1301792	38,2181464
27	ТП3	24	Пилорамне відділення	70,4826	50,6437877	86,79049563	61,4826	42,7065337	74,8595894
28		25	Блок складів №2	33,5624	20,7586715	39,46336446	32,1624	19,5239875	37,6245407
29		26	Блок складів № 1	52,233	29,66019	60,06673921	49,983	27,97269	57,2780209
30		27	Дільниця сушки лісоматеріал	149,65488	129,427661	197,8587947	117,65488	101,206314	155,19468
31		28	Дільниця столярна...	65,58508	60,6628078	89,3385637	55,58508	50,4607672	75,0732319
32			Всього по ТП3	824,26299	598,010294	1018,344632	720,36299	510,101092	882,681121

Рисунок 2.6 – Розподіл цехів між ТП заводу

Математична модель вибору потужності цехових ТП, де керованою змінною є потужність ТП S_t , а показником ефективності є річні приведені затрати Z в ТП:

$$\left\{ \begin{aligned} Z(S_T) &= B_{TP}(S_T) + B_B(S_T). \\ B_{TP}(S_T) &= (E_a + E_e) \cdot K_{TP}(S_T, k_T). \\ B_B(S_T) &= \left[\Delta P_{xx}(S_T) + \Delta P_{kz}(S_T) \cdot k_3(S_T)^2 \right] \cdot k_T \cdot B_0; \quad k_3(S_T) = \frac{S_{TP}}{S_T \cdot k_T}; \quad B_0 = t \cdot \tau. \\ Z(S_T) &= (E_a + E_e) \cdot K_{TP}(S_T, k_T) + \left[\Delta P_{xx}(S_T) \cdot k_T + \Delta P_{kz}(S_T) \cdot \frac{S_{TP}^2}{S_T^2 \cdot k_T} \right] \cdot t \cdot \tau \rightarrow \min_{S_T \in S}. \\ k_H \cdot k_T \cdot S_T &\geq S_{TP_{см}} - \text{для випадку ЦТП, якщо } S_{TP} \text{ було знайдено за} \\ &\text{спрощеним методом (не за РТМ 36.18.32.4-92);} \\ k_H \cdot k_T \cdot S_T &\geq S_{TP} - \text{для випадку ГПП, а також ЦТП, якщо } S_{TP} \text{ було знайдено} \\ &\text{за РТМ 36.18.32.4-92;} \\ k_T > 1 &\Rightarrow k_{па} \cdot S_T \geq k_{нпа} \cdot S_{тпр}; \\ S_T &\in S. \end{aligned} \right.$$

де E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

t – тариф за електроенергію;

τ – число годин максимальних втрат;

S_T – потужність окремого трансформатора ТП;

k_T – кількість трансформаторів;

B_0 – питома вартість втрат активної потужності в трансформаторах;

S_{TP} – розрахункова потужність ТП;

$S_{TP_{см}}$ – середня потужність ТП;

$K_{TP}(S_T, k_T)$ – величина капіталовкладень в ТП в залежності від потужності S_T та кількості k_T трансформаторів;

$\Delta P_{xx}(S_T)$ – втрати холостого ходу трансформатора потужністю S_T ;

$\Delta P_{kz}(S_T)$ – втрати короткого замикання трансформатора потужністю S_T ;

$k_3(S_T)$ – коефіцієнт завантаження трансформатора потужністю S_T ;

k_H – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в нормальному режимі;

$k_{па}$ – максимально допустимий коефіцієнт навантаження трансформатора в післяаварійному режимі;

$k_{нпа}$ – частина навантаження ТП, яка повинна залишитись в роботі в післяаварійному режимі (погоджується з технологами);

S – множина допустимо-доступних стандартних потужностей трансформаторів.

Автоматизований розв'язок задачі вибору трансформаторів у табличній формі за допомогою електронного процесора Excel [21] показано на рис. 2.7 – 2.9.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Вибір оптимальної потужності ТПІ за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	877,775				
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	705,313				
5	Кількість трансформаторів										kt=	2				
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
7	Дані післяаварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійного режимі										kpa=	1,3				
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8				
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	6888,57				
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Be=	0,1				
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPхх, кВт	Ктп, тис. грн.	Е*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Вв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	Х	обмж. 1	обмж. 2	
16		63	1,28	0,24	269,381	36,6358	124,241	0,48	124,721	859,15	---		---	---	---	
17		100	1,97	0,33	286,059	38,904	75,8932	0,66	76,5532	527,341	---		---	---	---	
18		160	3,1	0,51	307,828	41,8646	46,6507	1,02	47,6707	328,383	---		---	---	---	
19		250	4,2	0,74	335,981	45,6934	25,8884	1,48	27,3684	188,529	---		---	---	---	
20		400	5,9	0,95	397,006	53,9928	14,2059	1,9	16,1059	110,946	---		---	---	---	
21	V	630	8,5	1,31	417,428	56,7702	8,25039	2,62	10,8704	74,8814	131,652	V	+	+	+	
22		1000	10,5	2,1	561,896	76,4179	4,04507	4,2	8,24507	56,7967	133,215		+	+	+	
23		1600	18	2,8	690,625	93,925	2,70875	5,6	8,30875	57,2354	151,16		+	+	+	
24		2500	23,5	3,85	832,99	113,287	1,44852	7,7	9,14852	63,0202	176,307		+	+	+	
25										Змін=	131,652					
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630				

Рисунок 2.7 – Таблична форма для автоматизованого вибору потужності ТПІ заводу

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат																
2	Дані нормального режиму																
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	953,78					
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	738,09					
5	Кількість трансформаторів										kt=	2					
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1					
7	Дані післязварійного режиму																
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післязварійному режимі										kpa=	1,3					
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8					
10	Економічні характеристики																
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	6888,6					
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1					
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036					
14																	
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2		
16		63	1,28	0,24	269,38	36,636	146,69	0,48	147,17	1013,8	---	---	---	---	---		
17		100	1,97	0,33	286,06	38,904	89,606	0,66	90,266	621,8	---	---	---	---	---		
18		160	3,1	0,51	307,83	41,865	55,08	1,02	56,1	386,45	---	---	---	---	---		
19		250	4,2	0,74	335,98	45,693	30,566	1,48	32,046	220,75	---	---	---	---	---		
20		400	5,9	0,95	397,01	53,993	16,773	1,9	18,673	128,63	---	---	+	---	---		
21	V	630	8,5	1,31	417,43	56,77	9,7411	2,62	12,361	85,15	141,92	V	+	+	+		
22		1000	10,5	2,1	561,9	76,418	4,7759	4,2	8,9759	65,821	142,24		+	+	+		
23		1600	18	2,8	690,63	93,925	3,1982	5,6	8,7982	63,654	157,58		+	+	+		
24		2500	23,5	3,85	832,99	113,29	1,7102	7,7	9,4102	64,823	178,11		+	+	+		
25											Змін=	141,92					
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630				

Рисунок 2.8 – Таблична форма для автоматизованого вибору потужності ТП2 заводу

№	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		
1	Вибір оптимальної потужності ТП3 за мінімумом затрат																
2	Дані нормального режиму																
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	1018,3					
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	882,68					
5	Кількість трансформаторів										kt=	2					
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1					
7	Дані післязварійного режиму																
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післязварійному режимі										kpa=	1,3					
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8					
10	Економічні характеристики																
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Bo=	6888,6					
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1					
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036					
14																	
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2		
16		63	1,28	0,24	269,38	36,636	167,22	0,48	167,7	1155,2	---	---	---	---	---		
17		100	1,97	0,33	286,06	38,904	102,15	0,66	102,81	708,19	---	---	---	---	---		
18		160	3,1	0,51	307,83	41,865	62,789	1,02	63,809	439,55	---	---	---	---	---		
19		250	4,2	0,74	335,98	45,693	34,844	1,48	36,324	250,22	---	---	---	---	---		
20		400	5,9	0,95	397,01	53,993	19,12	1,9	21,02	144,8	---	---	---	---	---		
21	V	630	8,5	1,31	417,43	56,77	11,104	2,62	13,724	94,542	151,31	V	+	+	+		
22		1000	10,5	2,1	561,9	76,418	5,4444	4,2	9,6444	75,821	152,24		+	+	+		
23		1600	18	2,8	690,63	93,925	3,6458	5,6	9,2458	63,69	157,62		+	+	+		
24		2500	23,5	3,85	832,99	113,29	1,9496	7,7	9,6496	66,472	179,76		+	+	+		
25											Змін=	151,31					
26											Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630				

Рисунок 2.9 – Таблична форма для автоматизованого вибору потужності ТП3 заводу

За результатами обрахунків обираємо на заводі для ЦТП1, ЦТП2, ЦТП3 комплектні ТП з трансформаторами 2х630 кВА. Результати автоматизованого вибору наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати автоматизованого вибору потужності ТП заводу

№ ТП	Марка ТП	Потужність, кВА	Кількість ТП	Доля нав. в п.а.	Вартість ТП, тис. грн
ТП-1	ТМ - 630	630	2	0,8	131,652
ТП-2	ТМ - 630	630	2	0,8	141,92
ТП-3	ТМ - 630	630	2	0,8	151,31

Розрахунок втрат потужності в цехових ТП приведені на рис. 2.10

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	№ ТП	S _{ном.т.} , кВА	kt	dP _{кх.} , кВт	dP _{кз.} , кВт	I _{кх.} , %	U _{к.} , %	P _{p.} , кВт	Q _{p.} , кВАр	S _{p.} , кВА	dP _{тр.} , кВт	dQ _{тр.} , кВАр	dS _{тр.} , кВА	P, кВт	Q, кВАр
3	1	630	2	1,31	8,5	2	5,5	678,35	557,07	877,77	10,87	58,832	59,828	689,22	615,9023
4	2	630	2	1,31	8,5	2	5,5	728,67	615,42	953,78	12,361	64,909	66,076	741,03	680,3303
5	3	630	2	1,31	8,5	2	5,5	824,26	598,01	1018,3	13,724	70,467	71,791	837,99	668,4773
6	Всього							2160,3	1699,4		36,956	194,21	197,69	2197,2	1893,629

Рисунок 2.10 – Таблична форма для автоматизованого розрахунку втрат потужності в цехових ТП

2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення

ДП «45 експериментальний механічний завод» отримує живлення від п/ст 110/10, що знаходиться на відстані 3,2 км від заводу. Для того, щоб заживити ЦРП, потрібно обрати оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення, що буде живити завод від п/ст [5, 7]. Таблична форма для автоматизованого вибору оптимального перерізу кабельної лінії (КЛ) від підстанції до ЦРП представлена на рис 2.11.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
Початкові дані												Поправочні коефіцієнти										
Економічні характеристики												Назви комірок, діапазонів та опорні формули										
Питома вартість витрат, грн/кВт												Коефіцієнт середовища										
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень												Коефіцієнт прокладки										
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію												Коефіцієнт ґрунту										
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н режимі												Кдоп=										
Напруга, кВ												L2=kc										
Довжина КЛ, км												L3=kp										
Активна розрахункова потужність, кВт												L4=kgr										
Реактивна потужність, кВАр												L5=kдоп										
Розрахунковий струм окремого кабелю, А												kдоп=kc*kp*kgr										
Кількість КЛ																						
Мінімально допуст. переріз КЛ за умовою механ. міцності																						
Допустима втрата напруги в КЛ, %																						
Аварійний режим																						
Струм КЗ на початку лінії, кА																						
Приведений час КЗ, с																						
Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм^2																						
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм^2																						
Після аварійний режим																						
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження												Кпа = 1,25										
Доля навантаження в післяварійному режимі												Кпра = 0,8										
Допустима втрата напруги в КЛ, %												ΔUдоп = 5										
F, мм^2	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	Iдоп, А	dUn, %	dUm, %	Ko, тис. грн/км	dP, кВт	K	Е*К, т.грн	Вв, т.грн	З, т.грн	Доп	Кдоп*In оп >= In	Кпа*Кдоп*In оп >= Кпа*In *Кл	ΔUn <= ΔUдоп	ΔUm <= ΔUдоп	F>=Fмех	F >= Fкз				
27	10	3,1	0,122	75	11,26797241	18,02875586	21,4605	417,32	68,6736	10,30104	2874,738	-	недоп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	16	1,94	0,113	90	7,162617099	11,46018736	31,01175	261,162	99,2376	14,88564	1799,03	-	недоп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
29	25	1,24	0,099	115	4,659285212	7,454856339	44,66925	166,928	142,942	21,44124	1149,895	-	недоп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
30	35	0,89	0,095	140	3,416708685	5,466733897	58,39425	119,811	186,862	28,02924	825,3281	-	недоп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
31	50	0,62	0,09	165	2,452349737	3,923759579	83,0835	83,4641	265,867	39,88008	574,9477	-	недоп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
32	70	0,403	0,086	210	1,677346986	2,683755177	103,62725	54,2516	331,607	49,74108	373,716	423,457	доп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	95	0,326	0,083	240	1,397556962	2,236091139	177,26475	43,8859	567,247	85,08708	302,3112	387,398	доп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	120	0,258	0,081	275	1,152437074	1,843899319	216,35175	34,7318	692,326	103,84884	239,2524	343,101	доп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	150	0,206	0,079	310	0,963566663	1,541706661	259,74525	27,7316	831,185	124,67772	191,031	315,709	доп	-	-	-	-	-	-	-	-	V
36	185	0,167	0,077	355	0,820398952	1,312638324	349,33	22,4814	1117,86	167,6784	154,8649	322,543	доп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
37	240	0,129	0,075	385	0,680746834	1,089194934	459,012	17,3659	1468,84	220,32576	119,6262	339,952	доп	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40												мін затрати	315,709									
41												Опт. Переріз КЛ	150									
42												Rопт	0,206									
43												Xопт	0,079									

Рисунок 2.11 – Таблична форма для автоматизованого оптимального вибору КЛ від підстанції до ЦРП заводу

Для заводу вибрана радіальна схема електропостачання на напрузі 10 кВ, оскільки ЦТП розміщені у різних напрямках від ЦРП.

Відповідно до ПУЕ [1] всі електричні апарати вибирають за характером установлення, номінальним струмом й напругою, а також їх перевіряють на термічну й динамічну стійкість.

Для зовнішньої лінії живлення ДП «45 експериментальний механічний завод» на основі виконаного розрахунку доцільно вибрати кабельну лінію з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭБВ-10, що прокладені в траншеї трикутником перерізом 150 мм². Мінімальні значення приведеніх затрат, що залежить від КЗ, складають 315,709 тис. грн.

Далі визначимо оптимальні перерізи КЛ від ЦРП до ТП (рис. 2.12-2.14).

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Початкові дані										Коефіцієнт середовища													
Нормальний режим										Коефіцієнт прокладки													
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі										Коефіцієнт ґрунту													
Напруга, кВ										Kдоп=1													
Довжина КЛ, км										Kдоп=1													
Активна розрахункова потужність, кВт										U=10													
Реактивна потужність, квар										I=0,593													
Розрахунковий струм окремого кабелю, А										R=689,2													
Кількість кабелів										Q=615,9													
Допустима втрата напруги в КЛ, %										Iл=26,68													
										k=2													
										ΔUдоп=5													
Аварійний режим																							
Струм КЗ на початку лінії, кА										Iка=2,8055													
Приведений час КЗ, с										тп=1,5													
Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм²										С=90													
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм²										Fка=38,18													
Післяаварійний режим																							
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження										Кпа=1,25													
Доля навантаження в післяаварійному режимі										Кпа=0,8													
Допустима втрата напруги в КЛ, %										ΔUадоп=5													
Економічні характеристики																							
Питома вартість втрат										Во=6888,57													
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Еа=10,00%													
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Еа=5,00%													
	F, мм²/2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dУн, %	dУпа, %	dP, кВт	K, т. грн.	Е*К, т. грн.	Вв, т. Грн.	З, т. грн.	Доп.	Кдоп*Idоп >= Iр	Кпа*Кпдоп >= Кпа*Iр *Кл	ΔУн <= ΔUдоп	ΔUпа <= ΔUадоп	F >= Fка	V				
25	10	3,1	0,122	75	21,4605	0,65578	1,049245	7,852885034	25,4522	3,81782	54,0951	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
26	16	1,94	0,113	90	31,01175	0,41708	0,667333	4,914386118	36,7759	5,51699	33,8531	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
27	25	1,24	0,099	115	44,66925	0,27148	0,434366	3,141154014	52,9777	7,94666	21,638	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
28	35	0,89	0,095	140	58,39425	0,19922	0,318738	2,254537961	69,2556	10,3883	15,5305	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
29	50	0,62	0,09	165	83,0835	0,14314	0,229016	1,570577007	98,537	14,7806	10,819	25,5996	ДОП.	+	+	+	+	---					
30	70	0,403	0,086	210	103,62725	0,09806	0,156896	1,020875054	122,902	18,4353	7,03237	25,4677	ДОП.	+	+	+	+	---				Y	
31	95	0,326	0,083	240	177,26475	0,08178	0,130843	0,825819523	210,236	31,5354	5,68871	37,2241	ДОП.	+	+	+	+	---					
32	120	0,258	0,081	275	216,35175	0,06752	0,108204	0,653562689	256,593	38,489	4,50211	42,9911	ДОП.	+	+	+	+	---					
33	150	0,206	0,079	310	259,74525	0,05652	0,090438	0,521836876	308,058	46,2087	3,59471	49,8034	ДОП.	+	+	+	+	---					
34	185	0,167	0,077	355	349,33	0,04819	0,077102	0,423042516	414,305	62,1458	2,91416	65,06	ДОП.	+	+	+	+	---					
35	240	0,129	0,075	385	459,012	0,04066	0,064093	0,326781345	544,388	81,6582	2,25105	83,9093	ДОП.	+	+	+	+	---					
36											Мінімальні затрати на КЛ1												
37											25,4677												
38											Оптимальний переріз КЛ1												
39											70												

Рисунок 2.12 – Таблична форма для автоматизованого оптимального вибору КЛ від ЦРП до ТП1 заводу

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T				
Початкові дані										Коефіцієнт середовища													
Нормальний режим										Коефіцієнт прокладки													
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі										Коефіцієнт ґрунту													
Напруга, кВ										Kдоп=1													
Довжина КЛ, км										Kдоп=1													
Активна розрахункова потужність, кВт										U=10													
Реактивна потужність, квар										I=0,118													
Розрахунковий струм окремого кабелю, А										R=741													
Кількість кабелів										Q=680													
Допустима втрата напруги в КЛ, %										Iл=29,04													
										k=2													
										ΔUдоп=5													
Аварійний режим																							
Струм КЗ на початку лінії, кА										Iка=2,81													
Приведений час КЗ, с										тп=1,5													
Тепловий коефіцієнт С, (А*с^(1/2))/мм²										С=90													
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм²										Fка=38,18													
Післяаварійний режим																							
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження										Кпа=1,25													
Доля навантаження в післяаварійному режимі										Кпа=0,8													
Допустима втрата напруги в КЛ, %										ΔUадоп=5													
Економічні характеристики																							
Питома вартість втрат										Во=6888,57													
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Еа=10,00%													
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Еа=5,00%													
	F, мм²/2	Ro, Ом/км	Xo, Ом/км	Iдоп, А	Ko, т. грн/км	dУн, %	dУпа, %	dP, кВт	K, т. грн.	Е*К, т. грн.	Вв, т. Грн.	З, т. грн.	Доп.	Кдоп*Idоп >= Iр	Кпа*Кпдоп >= Кпа*Iр *Кл	ΔУн <= ΔUдоп	ΔUпа <= ΔUадоп	F >= Fка	V				
25	10	3,1	0,122	75	21,4605	0,14043	0,22469093	1,85091	5,06468	0,7597	12,7501	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
26	16	1,94	0,113	90	31,0118	0,08935	0,14296691	1,15831	7,31877	1,09782	7,9791	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
27	25	1,24	0,099	115	44,6693	0,05819	0,09310037	0,74036	10,5419	1,58129	5,10004	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
28	35	0,89	0,095	140	58,3943	0,04272	0,06835977	0,53139	13,781	2,06716	3,66051	---	НЕДОП.	+	+	+	+	---					
29	50	0,62	0,09	165	83,0835	0,03072	0,04915123	0,37018	19,6077	2,94116	2,55002	5,49117666	ДОП.	+	+	+	+	---					
30	70	0,403	0,086	210	103,627	0,02107	0,03371443	0,24062	24,456	3,6684	1,65751	5,32591814	ДОП.	+	+	+	+	---			Y		
31	95	0,326	0,083	240	177,265	0,01758	0,02813535	0,19464	41,8345	6,27517	1,34082	7,61598952	ДОП.	+	+	+	+	---					
32	120	0,258	0,081	275	216,352	0,01453	0,02325007	0,15404	51,059	7,65885	1,06114	8,71998962	ДОП.	+	+	+	+	---					
33	150	0,206	0,079	310	259,745	0,01218	0,01948404	0,123	61,2999	9,19498	0,84726	10,0422468	ДОП.	+	+	+	+	---					
34	185	0,167	0,077	355	349,33	0,01039	0,01662741	0,09971	82,4419	12,3663	0,68686	13,0531424	ДОП.	+	+	+	+	---					
35	240	0,129	0,075	385	459,012	0,00865	0,01384073	0,07702	108,327	16,249	0,53057	16,7795936	ДОП.	+	+	+	+	---					
36											Мінімальні затрати на КЛ1												
37											5,32591814												
38											Оптимальний переріз КЛ1												
39											70												

Рисунок 2.13 – Таблична форма для автоматизованого оптимального вибору КЛ від ЦРП до ТП2 заводу

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		
Нормальний режим											Коефіцієнт прокладки		1								
Максимально доп. коефіцієнт навантаження в н. режимі							Кдоп=	1	Коефіцієнт ґрунту							1					
Напруга, кВ							U=	10	Кдоп=							1					
Довжина КЛ, км							l=	0,137													
Активна розрахункова потужність, кВт							P=	838													
Реактивна потужність, квар							Q=	668													
Розрахунковий струм окремого кабелю, А							Ip=	30,94													
Кількість кабелів							k=	2													
Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUдоп=	5													
Аварійний режим																					
Струм КЗ на початку лінії, кА							Iкз=	2,81													
Приведений час КЗ, с							tp=	1,5													
Тепловий коефіцієнт C, (А*с^(1/2))/мм²							C=	90													
Мінімальний переріз лінії за умовою КЗ, мм²							Fкз=	38,18													
Післяаварійний режим																					
Максимально допустимий коефіцієнт навантаження							Кпа=	1,25													
Доля навантаження в післяаварійному режимі							Кпа=	0,8													
Допустима втрата напруги в КЛ, %							ΔUпадоп=	5													
Економічні характеристики																					
Питома вартість втрат							Вв=	6888,57													
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Ев=	10,00%													
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію							Ев=	5,00%													
	F, мм²	R ₀ , Ом/км	X ₀ , Ом/км	Iдоп, А	K ₀ , т. грн/км	dUn, %	dUpa, %	dP, кВт	K, т. грн.	E*K, т. грн.	Вв, т. грн.	З, т. грн.	Доп.	Кдоп*Id оп >= Ip	Кпа*Кдоп p*Iдоп >= Кпа*Ip* Кл	ΔUн <= ΔUдоп	ΔUpa <= ΔUpaдоп	F >= Fкз	V		
25																					
26	10	3,1	0,122	75	21,4605	0,18353	0,29365296	2,440082	5,88018	0,88203	16,8087	—	НЕДОП	+	+	+	+	+	—		
27	16	1,94	0,113	90	31,0118	0,11653	0,1864552	1,527019	8,49722	1,27458	10,519	—	НЕДОП	+	+	+	+	+	—		
28	25	1,24	0,099	115	44,6693	0,07571	0,12113909	0,976033	12,2394	1,83591	6,72347	—	НЕДОП	+	+	+	+	+	—		
29	35	0,89	0,095	140	58,3943	0,05544	0,08870083	0,70054	16	2,4	4,82571	—	НЕДОП	+	+	+	+	+	—		
30	50	0,62	0,09	165	83,0835	0,03971	0,06353678	0,488016	22,7649	3,41473	3,36173	6,77646468	ДОП	+	+	+	+	+	V		
31	70	0,403	0,086	210	103,627	0,02707	0,0433137	0,317211	28,3939	4,25908	2,18513	6,44420632	ДОП	+	+	+	+	+	V		
32	95	0,326	0,083	240	177,265	0,02251	0,03602196	0,256602	48,5705	7,28558	1,76762	9,05320204	ДОП	+	+	+	+	+	V		
33	120	0,258	0,081	275	216,352	0,01852	0,02963008	0,203078	59,2804	8,89206	1,39891	10,2909716	ДОП	+	+	+	+	+	V		
34	150	0,206	0,079	310	259,745	0,01544	0,02470769	0,162147	71,1702	10,6755	1,11696	11,7924926	ДОП	+	+	+	+	+	V		
35	185	0,167	0,077	355	349,33	0,01311	0,02097927	0,13145	95,7164	14,3575	0,9055	15,262962	ДОП	+	+	+	+	+	V		
36	240	0,129	0,075	385	459,012	0,01084	0,01734269	0,101539	125,769	18,8654	0,69946	19,5648503	ДОП	+	+	+	+	+	V		
37	Мінімальні затрати на КЛ1											6,44420632									
38	Оптимальний переріз КЛ1											70									

Рисунок 2.14 – Таблична форма для автоматизованого оптимального вибору КЛ від ЦРП до ТПЗ заводу

Отже, для ТП 1-3 доцільно вибрати кабелі марки АПвЭБВ-10, перерізом 70 мм² при цьому питомі затрати складуть: для ТП1 – 25,467 тис. грн., для ТП2 – 5,325 тис. грн., для ТП3 – 6,444 тис. грн.

Високовольтні вимикачі обираються за номінальною напругою й розрахунковим струмом із врахуванням післяаварійних режимів [5, 7].

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

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

Визначаємо I_{max} для нормального й післяаварійного режиму для ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{877,775}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 25,34 \text{ (А)};$$

$$I_{pa} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{877,775}{\sqrt{3} \cdot 10} = 50,68 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} = 47,285 \text{ (А)}.$$

Для встановлення на стороні 10 кВ ДП «45 експериментальний механічний завод» обираємо вакуумні вимикачі ВРС 10-/630. Номінальний струм вакуумних 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 ДП «45 експериментальний механічний завод»

Лінія	I_p , А	I_{pa} , А	Вимикач	$I_{\text{ном}}$, А	Провідник	S , мм ²
С-ЦРП	83,73	167,46	ВРС 10/630	630	АПвЭБВ-10	3×150
ЦРП-ТП-1	25,34	50,68	ВРС -10/630	630	АПвЭБВ-10	3×70
ЦРП-ТП-2	27,53	55,06	ВРС -10/630	630	АПвЭБВ-10	3×70
ЦРП-ТП-3	25,48	50,96	ВРС -10/630	630	АПвЭБВ-10	3×70

2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП

На території заводу для підводу живлення до трьох ТП необхідно установити ЦРП. Для цього на генеральному плані ДП «45 експериментальний механічний завод» потрібно знайти оптимальні координати розміщення ЦРП за критерієм мінімуму затрат в СЕП, виходячи з того, що ЦРП може бути встановлено в довільному місці на території заводу, незайнятому будівлями й дорогою [8, 21].

Центр мережі – це координати на генеральному плані ДП «45 експериментальний механічний завод», які забезпечать розташування джерела живлення з мінімальними сумарними річними приведеними затратами в СЕП.

Математична модель оптимального вибору місця розташування ЦРП:

$$\left. \begin{aligned} & Z(x_0, y_0) = \left[(E_e + E_{\text{сжс}}) \cdot (a_{\text{жс}} + K_0(F_{\text{жс}})) + 3 \cdot I_{\text{жс}}^2 \cdot r_0(F_{\text{жс}}) \cdot k_{\text{жс}} \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{\text{жс}}, y_{\text{жс}})) + \\ & \sum_{i=1}^n \left[(E_e + E_a) \cdot (a + K_0(F_i) \cdot k_i) + 3 \cdot I_i^2 \cdot r_0(F_i) \cdot k_i \cdot B_0 \right] \cdot \rho((x_0, y_0), (x_{\text{жс}}, y_{\text{жс}})) \rightarrow \min_{x_0, y_0}; \\ & \min_{i=1}^n(x_i) \leq x_0 \leq \max_{i=1}^n(x_i); \\ & \min_{i=1}^n(y_i) \leq y_0 \leq \max_{i=1}^n(y_i). \end{aligned} \right\}$$

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

E_a - коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності в лінії;

F_i - переріз і-тої лінії;

$F_{\text{жс}}$ - переріз живлячої лінії;

k_L - кількість проводів живлячої лінії;

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

I_i - струм окремої лінії від ЦМ до і-тої ЦТП;

$r_0(F_i)$ - питомий опір лінії перерізом F_i ;

$a_{\text{жс}}$ - складова питомої вартості живлячої лінії на 1 км, не залежна від перерізу;

a - складова питомої вартості лінії на 1 км, не залежна від перерізу;

$I_{\text{жс}}$ - струм живлячої лінії;

k_i - кількість кабелів від ЦРП до і-тої ЦТП;

n - кількість ЦТП;

x_0, y_0 - координати ЦМ;

x_i, y_i - координати і-тої ЦТП;

$x_{\text{жс}}, y_{\text{жс}}$ - координати точки підведення зовнішньої лінії живлення.

Таблична форма для автоматизованого визначення оптимальних координат центру мережі ДП «45 експериментальний механічний завод» за мінімумом річних приведених затрат розташована на листі Excel [21] й зображена на рис.1.15.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	
3	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ									U _ж =	10	L3:=Uj	
4	Метрика зовнішньої лінії (E чи HE)									МетрикаЖ =	HE	L4:=MetrZL	
5	Метрика розподільної мережі (E чи HE)									МетрикаР =	HE	L5:=metrR	
6													
7	Економічні характеристики мережі												
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км									a=	10	L8:=aCEM	
9	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої РЛ тис.грн/км									аж=	8	L9:=ajCEM	
10	Питома вартість втрат, грн/кВт									Bo=	6888,57	L10:=BoCEM	
11	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Ee=	0,1	L11:=EeCEM	
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію									Ea=	4,00%	L12:=EaCEM	
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії									Eаж=	5,00%	L13:=EajCEM	
14													
15													
	Лінії	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro,	Ko,	L, м	З, тис.	
16	живлення								Ом/км	т.грн/км		грн	
17	ЖЛ	187	423	150	2	2197,25	1893,63	83,73	0,206	259,74525	7,00	0,699	
18	ТП1	480	116	70	2	689,22	615,9	26,68	0,403	103,62725	593,00	25,069	
19	ТП2	288	447	70	2	741,03	680,33	29,04	0,403	103,62725	118,00	5,247	
20	ТП3	194	560	70	2	837,99	668,48	30,94	0,403	103,62725	137,00	6,352	
21	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											37,366	
22	Кординати ЦЕМ, м									Xo =	194	Yo=	423
23	Оптимальні координати ЦЕМ, м									Xo =	194	Yo=	423
24	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											37,366	

Рисунок 2.15 – Таблична форма для автоматизованого вибору центру мережі

Отже, розрахунок оптимального місця розташування центру мережі ДП «45 експериментальний механічний завод» показав, що координати в яких встановлення ЦРП забезпечить мінімальні річні приведені затрати це: $x=194$ м; $y=423$ м з затратами 37,366 тис. грн..

Генеральний план ДП «45 експериментальний механічний завод» з розміщенням ЦРП та ТП показано на рис. 2.16.

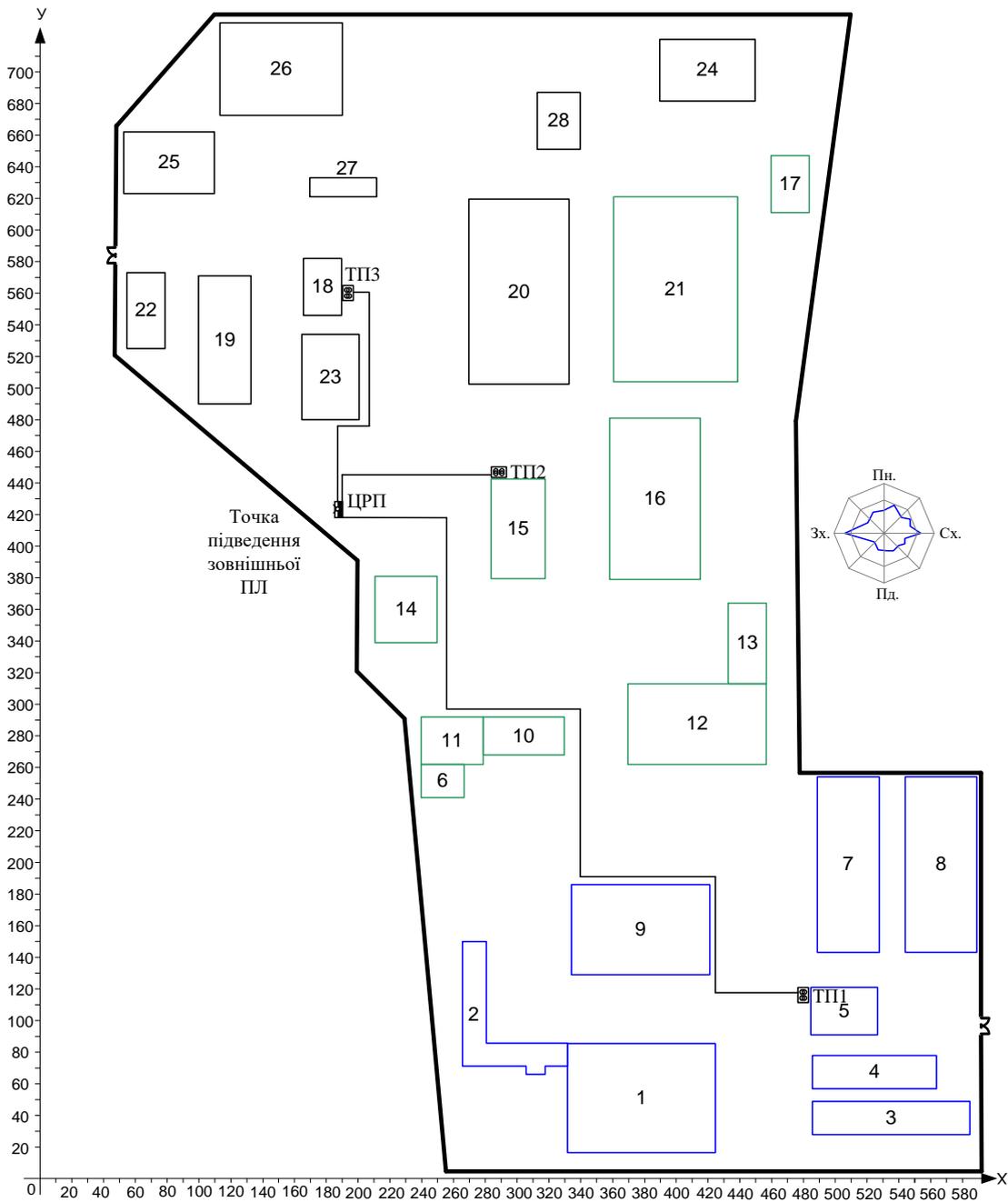


Рисунок 2.16 – Генеральний план ДП «45 експериментальний механічний завод» з розміщенням ЦРП та ТП

2.5 Визначення оптимальної потужності компенсуючих пристроїв

Мета розрахунку: визначити оптимальну реактивну потужність за критерієм мінімуму затрат в СЕП кожної підстанції ДП «45 експериментальний механічний завод», яку необхідно скомпенсувати. Для розрахунку необхідно використати розрахункову реактивну потужність ТП й виконати оптимальний розподіл вхідної

реактивної потужності між ТП ДП «45 експериментальний механічний завод» [8, 21].

Схема заміщення для розрахунку балансової задачі КРН подана на рис.2.18., яка відповідає однолінійній схемі електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод» рис. 2.17.

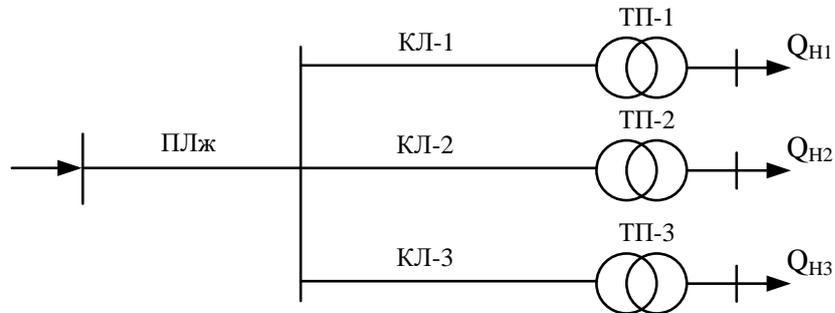


Рисунок 2.17– Однолінійна схема електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод»

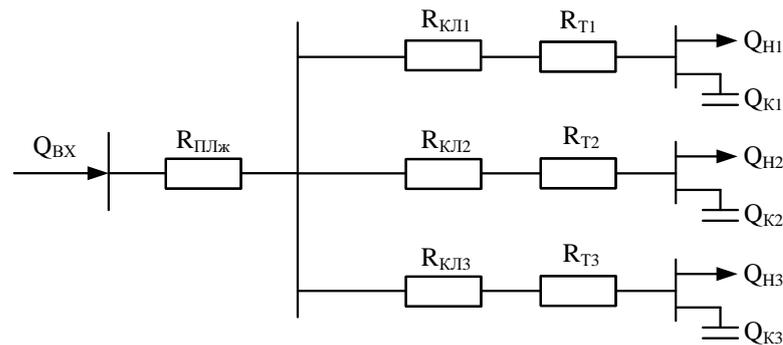


Рисунок 2.18 – Схема заміщення мережі електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод»

Математична модель балансової задачі оптимальної КРН:

$$\left\{ \begin{array}{l} Z(Q_K) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n \left[(Q_{Нi} - Q_{Ki})^2 (R_{КЛi} + R_{Ti}) \right] + \\ + [(E_\epsilon + E_a) \cdot B_{к0} + B_0 \cdot \Delta P_k] \times \sum_{i=1}^n Q_{Ki} \rightarrow \min_{Q_K}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2..n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Нi} - \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = Q_{ВХ} \end{array} \right.$$

де B_0 – величина питомої вартості втрат активної потужності;

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

Q_{Hi} – сума реактивних навантажень, які отримують живлення через i -ту вітку мережі, квар;

Q_{Ki} – сума потужностей КУ тих вузлів мережі, які отримують живлення через i -ту вітку мережі, квар;

n – кількість ЦТП та РП 10 кВ;

ΔP_k – питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар;

R_{KLi} – активний опір окремої лінії;

R_{Ti} – активний опір окремого трансформатора i -тої ЦТП;

V_{k0} – питома вартість КУ;

E_a – коефіцієнт відрахувань на амортизацію, %;

E_e – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, %;

Q_{BX} – вхідна реактивна потужність.

Розрахунок за даною математичною моделлю виконуємо в MathCad рис.2.19.

Вхідні дані для розрахунку		Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень
Напруга, кВ:	$U := 10$	$3(q_{k1}, q_{k2}, q_{k3}) := \frac{V_0}{U^2 \cdot 1000} \left[\begin{array}{l} (q_{n1} - q_{k1})^2 \cdot \left(\frac{r_{T1} + r_{n1}}{2} \right) \dots \\ + (q_{n2} - q_{k2})^2 \cdot \left(\frac{r_{T2} + r_{n2}}{2} \right) \dots \\ + (q_{n3} - q_{k3})^2 \cdot \left(\frac{r_{T3} + r_{n3}}{2} \right) \dots \\ + (q_{n1} + q_{n2} + q_{n3} - q_{k1} - q_{k2} - q_{k3})^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{array} \right] + [(E_a + E_e) \cdot V_{k0} + V_0 \cdot \Delta P_k] \cdot (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3})$
Вхідна реактивна потужність, квар:	$q_{BX} := 648$	
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	$E_e := 0.1$	
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	$E_a := 0.04$	
Питома вартість КУ	$V_{k0} := 100$	
Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар	$\Delta P_k := 4.5$	
Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт	$V_0 := 3936.3$	
Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км	$r_{01} := 0.62 \quad r_{02} := 0.62 \quad r_{03} := 0.62$	
Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км	$L_{кл1} := 0.593 \quad L_{кл2} := 0.118 \quad L_{кл3} := 0.137$	
Опори трансформаторів, Ом	$r_{T1} := 2.142 \quad r_{T2} := 2.142 \quad r_{T3} := 2.142$	
Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:	$q_{n1} := 615.9 \quad q_{n2} := 680.3 \quad q_{n3} := 668.4$	
Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:	$q_{k1} := 100 \quad q_{k2} := 100 \quad q_{k3} := 100$	
Довжина та питомий опір ліній живлення:	$l_{ж} := 3.207 \quad r_{ж0} := 0.206$	
Опір зовнішньої лінії живлення, Ом	$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.661$	
Опір розподільних ліній живлення, Ом	$r_{n1} := r_{01} \cdot L_{кл1} = 0.368 \quad r_{n2} := r_{02} \cdot L_{кл2} = 0.073 \quad r_{n3} := r_{03} \cdot L_{кл3} = 0.085$	
		Given
		обмеження
		$q_{k1} \geq 0 \quad q_{k2} \geq 0 \quad q_{k3} \geq 0$
		$(q_{n1} + q_{n2} + q_{n3}) - (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3}) = q_{BX}$
		Визначаємо оптимальне проектне рішення:
		$q_k := \text{Minimize}(3, q_{k1}, q_{k2}, q_{k3}) = \begin{pmatrix} 417.125 \\ 455.085 \\ 444.389 \end{pmatrix}$
		Річні приведені затрати, грн
		$3(q_{k1}, q_{k2}, q_{k3}) = 5.396 \times 10^6$
		Перевірка, квар
		$(q_{n1} + q_{n2} + q_{n3}) - (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3}) = 648.001 \quad q_{BX} = 648$
		Визначаємо потужності БК у вузлах навантаження, квар:
		$q_{КУ} := \frac{q_k}{2} = \begin{pmatrix} 208.563 \\ 227.542 \\ 222.195 \end{pmatrix}$

Рисунок 2.19 – Розрахунок задачі КРН в середовищі MathCad

Виконуємо перевірку в середовищі Excel за допомогою засобу «Поиск решений» [21] рис.2.20.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	Компенсація реактивної потужності												
2													
3	Вхідні дані:												
4	Вхідна реактивна потужність				Q _{вх} =	648	квар				F4:=Q _{вх}		
5	Напруга				U=	10	кВ				F5:=U		
6	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень					0,1							
7	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію					0,04							
8	Питома вартість КУ					100							
9	Питома РП втрат КУ					4,5	кВт/Мвар						
10	Питома вартість втрат АП					6888,6	грн/кВт				F10:=Bo		
11					Bo/(U ² *1000)=	0,0689					F11:=F10/(F5 ² *1000)		
12													
13	ЛЖ	Питома активні опори ліній		Довжини ліній	Реактивні нав., квар		Опір ТП	Повні актив. опір	Пот. КУ, квар	ПЕР h(Qk)			
14	ЖЛ	0,206		3207,00				0,661		138740,3			
15	ТП1	0,403		593,00	615,902		2,142	2,381	417,099	47043,21			
16	ТП2	0,403		118,00	680,330		2,142	2,189	455,091	55530,71			
17	ТП3	0,403		137,00	668,477		2,142	2,197	444,432	55135,65			
18		Разом			1964,710				1316,62	40852258			
19													
20													
21	Перевірка:												
22					Q _n -Q _k =	648,087							
23					Q _{вх} =	648							

Рисунок 2.20 – Розрахунок задачі КРН в середовищі Excel

Результати розрахунків задачі КРН ідентичні в обох випадках, що свідчить про їх вірність. Отже, ДП «45 експериментальний механічний завод» варто встановити автоматично регульовані конденсаторні установки УКР-0,4, а саме [9]:

- ЦТП 1: 2 КУ типу УКР 0,4-200/50;
- ЦТП 2: 2 КУ типу УКР 0,4-225/25;
- ЦТП 3: 2 КУ типу УКР 0,4-225/25.

2.6 Висновки до розділу 2

В цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз та оптимізацію системи електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод». Для цього було зроблено:

- обрано оптимальну кількість та потужність трансформаторних підстанцій, що необхідно встановити ДП «45 експериментальний механічний завод», а саме

запропоновано встановити три двотрансформаторні підстанції з трансформаторами ТМ 630/10;

- обрано оптимальні перерізи та марки ліній живлення ДП «45 експериментальний механічний завод». Завод буде оптимально заживити від підстанції кабельною лінією 10 кВ марки АПвЭБВ-10 3х150 мм². Оптимальний переріз кабельних ліній заводської мережі краще виконати АПвЭБВ-10 3х70 мм²;

- здійснено розрахунок оптимального місця розташування центру мережі ДП «45 експериментальний механічний завод», який показав, що координати в яких встановлення ЦРП забезпечить мінімальні річні приведені затрати це: $x=194$ м; $y=423$ м із затратами 37,366 тис. грн;

- визначено оптимальну реактивну потужність за критерієм мінімуму затрат в СЕП кожної підстанції ДП «45 експериментальний механічний завод», яку необхідно скомпенсувати. На ДП «45 експериментальний механічний завод» доцільно встановити автоматично-регульовані конденсаторні установк: ЦТП1 2 КУ типу УКР 0,4-200/50; ЦТП2 2 КУ типу УКР 0,4-225/25; ЦТП3 2 КУ типу УКР 0,4-225/25.

Отже, розроблена система електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод» за рахунок прийняття оптимальних рішень стала більш енергоефективною і це дозволить суттєво покращити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП.

3 СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ БАЗАМИ ДАНИХ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Проблема енергоспоживання й енергозбереження в Україні з кожним роком стає все гостріше. Низька енергоефективність економіки призводить до високих затрат на власне електрозабезпечення, що сприяє порушенню нормального електропостачання. Саме тому підвищення ефективності використання електроенергії на етапі її споживання є і залишається актуальною тематикою.

Підвищення ефективності енергоспоживання дозволяє побачити і проаналізувати реальний стан основних виробничих фондів на підприємстві і зробити висновки про необхідність модернізації чи заміни елементів системи електропостачання, запровадження енергозберігаючих заходів для забезпечення надійного та якісного електропостачання. Це дозволить зменшити витрати енергоносіїв, що в свою чергу призведе до значної економії коштів й підвищення якості продукції, що в свою чергу, позитивно відобразиться на економіці всієї країни.

Отже, актуальним питанням є створення уніфікованої інформаційної бази енергозбереження, яка сприятиме легкому вирішенню заходів по економії електроенергії на підприємстві.

3.1 Основи створення бази даних по енергозбереженню

Упровадження заходів по економії електроенергії пов'язано із урахуванням специфічних умов електроспоживання на підприємстві. Іншим словами, заходи по економії електроенергії потрібно розробляти для кожного конкретного підприємства окремо, що суттєво ускладнює задачу.

З іншого боку, більшість технологічних процесів можна подати як взаємодію типових споживачів електроенергії, а саме освітлення, компресорів, насосів, вентиляторів, металообробних станків, електроперетворювальних установок і т.і. Принципи роботи таких споживачів на різних підприємствах однакові. Саме це і дає

можливість розробляти заходи по економії електроенергії для типових споживачів й використовувати та впроваджувати їх на підприємствах, де вони встановлені. Як результат, можна отримати систему керування базами даних (СКБД) по енергозбереженню чи економії електроенергії, що можуть використовувати будь-які підприємства, при умові, що відомий склад їх споживачів. Ціллю створення саме такої бази є раціональне збереження інформації по економії електроенергії й сприяння проведенню заходів по її економії на підприємствах.

Базу даних (БД) у загальному випадку можна визначити як уніфіковану сукупність збережених і відтворених даних. Однак, поняття БД не ґрунтується зараз на єдиній концепції, скоріше це ціла низка взаємопов'язаних між собою понять з програмного і апаратного забезпечення, аналізу і моделювання даних й додатків.

Система керування базами даних (СКБД) – це сукупність програмних засобів, що необхідні для використання БД й подання розробникам та користувачам множини різних даних. СКБД надає засоби визначення та маніпулювання даними, зробивши дані незалежними від прикладних програм, які їх використовують. СКБД є автоматизованою й потребує введення даних оператором майже на всіх етапах своєї роботи. Принцип роботи СКБД по енергозбереженню показаний на рис.3.1 й відображає усі етапи.

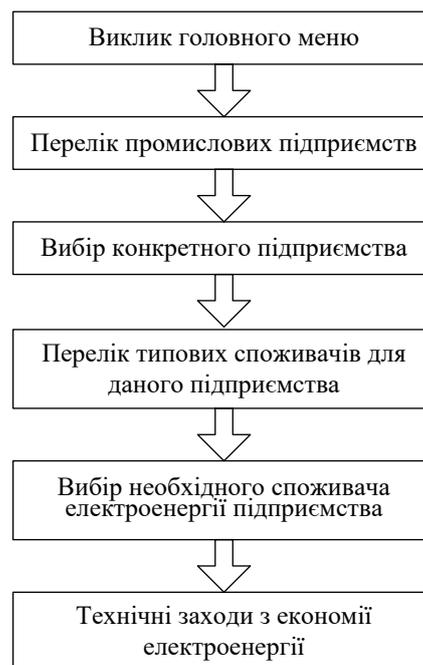


Рисунок 3.1 – Структурна схема використання бази даних по енергозбереженню

Вид підприємства і типові споживачі, які притаманні даному підприємству наведені у табл.3.1. Технічні рішення для досягнення економії електроенергії для типового споживача наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Основні типові споживачі промислових підприємств

Галузь підприємства	Основні споживачі
Металообробний завод	Електропривода
	Освітлення
	Вентилятори
	Компресори
	Печі
Машинобудівний завод	Електропривода
	Освітлення
	Вентилятори
	Компресори
Текстильний комбінат	Електропривода
	Освітлення
	Вентилятори
Цементний завод	Електропривода
	Освітлення
	Вентилятори
	Компресори
Хімічний комбінат	Електропривода
	Освітлення
	Вентилятори
	Холодильні установки
	Насосні станції

Таблиця 3.2 – Технічні заходи по економії електроенергії

Споживач	Технічні заходи по економії електроенергії
Компресори	Вдосконалення масляних охолоджувачів
	Використання тепла стисненого повітря для підігріву води
	Зниження температури всмоктуючого повітря
	Резонансне наповнення поршневих компресорів
	Зниження номінального робочого тиску
	Підігрів стисненого повітря перед нагріванням
	Регулювання параметрів стисненого повітря
	Попередження х. х. при постійному нульовому навантаженні
	Розділення мережі на секції з передбаченням можливості включання окремих секцій
	Розподіл системи з різними рівнями тиску на 2 або більшу кількість систем
Заміна пневмоінструменту	
Холодильники	Покращення термоізоляції холодильних камер і зменшення їх внутрішньої вентиляції
	Збільшення рівня температури на холодильній стороні і зниження рівня температури на гарячій стороні
	Уникнення навантаження яке створюється за рахунок охолодження або переохолодження без технологічної необхідності
	Запобігання відкриванню дверей та проїомів, а також витків в холодильних камерах
Вентилятори	Узгодження продуктивності вентиляторів і необхідного навантаження
	Керування продуктивністю вентиляторів шляхом зміни частоти їх обертання
	Відключення вентиляторів в нічний час, під час обідніх перерв
	Усунення дефектів при експлуатації
	Впровадження автоматичного керування
Насоси	Покращення завантаження насосів
	Зменшення опору трубопроводів
	Ліквідація витків та нецільованих витрат води
	Впровадження обертового водопостачання
	Скорочення витрат води за рахунок вдосконалення системи охолодження

	Дотримання встановленого графіком перепаду температур між прямою та зворотною водою
Печі	Локалізація теплових витрат в печах через технологічні пройоми, дверцята, отвори
	Встановлення лічильників та регулюючого обладнання
	Зменшення теплових витрат розігрітих поверхонь печей шляхом їх ізоляції
	Заміна вогнетримкої цегли на легкі ізоляційні матеріали
Електропривод	Використання обмежувачів неробочого режиму
	Використання регульованого ЕП
	Частотне регулювання
	Використання стабілізаторів швидкості
	Вибір раціональних режимів експлуатації
	Оптимізація перехідних процесів
	Зниження напруги на затискачах електродвигунів, які працюють з малим навантаженням
Освітлення	Правильний вибір типу ламп та світильників
	Підтримання нормальних рівней напруги освітлювальних мереж
	Використання рефлекторів
	Зменшення освітленості в час перерви на обід
	Керування освітленістю
	Регулярне очищення світильників від пилу
Загальні	Підвищення коефіцієнта потужності енергоспоживання
	Збільшення навантаження робочих машин
	Регулювання максимуму
	Компенсація реактивної потужності
	Облік електричної енергії

Отже, метою створення і експлуатації СКБД є:

1. Інформаційне забезпечення процесів управління, нагляду та контролю за енергоспоживанням та енергозбереженням з належною якістю обслуговування і використанням сучасної техніки та інформаційних технологій, що гарантують для всіх користувачів простоту і надійність доступу до відомостей з енергозбереження, результатів енергетичних обстежень, потреб і обсягів споживання, тарифів і розмірів оплати паливно-енергетичних ресурсів споживачів;

2. Реалізація механізмів й технологій обробки і аналізу інформації, підтримки прийняття управлінських рішень.

3.2 Розробка інтерфейсу головного меню бази даних по енергозбереженню

Інтерфейс – це певна сукупність засобів, методів та правил взаємодії, чи управління, чи контролю, між елементами системи.

Головне меню являє собою діалогове вікно у якому оператор може вибрати необхідну йому галузь промислового підприємства, типового споживача даної галузі та технічні рішення з економії електричної енергії.

Діалогове вікно розробляємо на робочому листі Excel «Меню» за допомогою функцій ВПР (ГПР), ПРОСМОТР, ПОИСКПОЗ, ИНДЕКС; ЕСЛИ, И, ИЛИ, НЕ [21].

Стандартні функції електронного процесора Excel (ПРОСМОТР, ПОИСКПОЗ, ИНДЕКС, ВПР) дозволяють автоматизувати вибір даних, а отже зникає й потреба виправлення та звернення до кожного елемента таблиці окремо.

Використовуючи електронний процесор EXCEL можна оперувати логічними виразами. Виконати автоматизацію контролю допустимості рішень дозволяють такі функції робочого листа Excel, як ЕСЛИ, И, ИЛИ, НЕ [21].

Отже, використовуючи усі вище названі функції створюємо на робочому листі Excel головне меню. Вигляд даного меню подано на рис. 3.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2									
3			Вид промислового підприємства						
4			Металобробний завод						
5			Машинобудівний завод						
6			Текстильний комбінат						
7			Цементний завод						
8			Цукровий завод						
9			Хімічний комбінат						
10			Комунально-побутові споживачі						
11			Компенсація реактивної потужності						
12			Типовий споживач						
13			Електропривода						
14			Освітлення						
15			Вентилятори						
16			Компресори						
17			Печі						
18			Технічні заходи по економії електроенергії						
19			Використання обмежувачів неробочого режиму						
20			Використання регульованого ЕП						
21			Частотне регулювання						
22			Використання стабілізаторів швидкості						
23			Вибір раціональних режимів експлуатації						
24			Оптимізація перехідних процесів						
25			Зниження напруги на затискачах електродвигунів, які працюють з малим навантаженням						
26									
27									
28									

Рисунок 3.2 – Вигляд головного меню бази даних по енергозбереженню
Опорні формули комірок наведені у табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Опорні формули на робочому листі Excel «Меню»

Назва комірки	Опорна формула
B1:B5	=ВПР(Н;Т1;3;0)
J26:J36	=(ВПР(1;ЗаходиТ;Н00;0))
K26:K36	=ЕСЛИ(ЕОШИБКА(J26);"";ЕСЛИ(J26=0;"";J26))
L26	=ЕСЛИ(J25="Печі";2;ЕСЛИ(J25="Компресори";3;ЕСЛИ(J25="Електропривода";4;ЕСЛИ(J25="Вентилятори";5;ЕСЛИ(J25="Освітлення";6;ЕСЛИ(J25="Насосні станції";7;ЕСЛИ(J25="Холодильні установки";8;ЕСЛИ(J25="Використання конденсаторних установок";9;0))))))))))
J4:J15	=ЕСЛИ(J54="Балансова задача КРП";ГИПЕРССЫЛКА("[ЕЗКПКОНО.xls] 'Балансова задача КРП'!A1";"Балансова задача КРП");ЕСЛИ(J54="Правильний вибір типу ламп та світильників";ГИПЕРССЫЛКА("[ЕЗКПКОНО.xls] 'Вибір ламп та світильників'!A1";"Вибір ламп та світильників");T54))

Для створення списку промислових підприємств і списку типових їх споживачів було використано функцією Excel «Список» [21] рис.3.3.

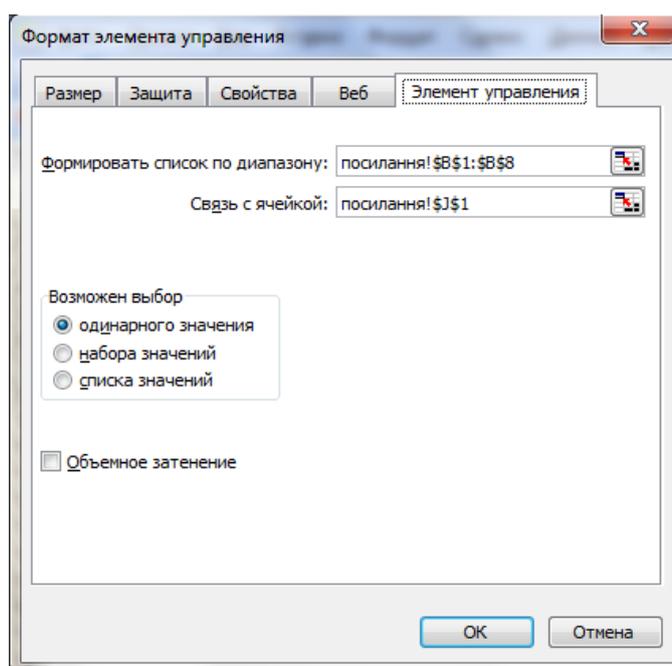


Рисунок 3.3 – Створення списку промислових підприємств

3.3 Принцип роботи розрахункового блоку СКБД

Приклад роботи розрахункового блоку (етапу) СКБД покажемо на виконанні двох задач: 1) розрахунку балансової задачі КРП; 2) індивідуальній компенсації реактивної потужності.

Компенсація реактивної потужності (КРП) – це цілеспрямована дія на баланс реактивної потужності у конкретному вузлі системи електропостачання з метою зменшення втрат електроенергії і регулювання напруги.

Найбільш дієвим та ефективним способом зниження спожитої із мережі реактивної потужності є застосування установок КРП, а саме батарей конденсаторів, синхронних двигунів, синхронних компенсаторів. Втрати потужності й напруги зменшуються за рахунок приєднання до електромережі компенсуючого пристрою (КП). Після компенсації коефіцієнт потужності знаходиться в межах від 0,93 до 0,99.

Види і способи компенсації:

Індивідуальна, або одинична компенсація краща там, де потрібна компенсація потужних споживачів (більше 20 кВт), або де потужність споживається постійно протягом тривалого часу.

Групова компенсація використовується у випадку, коли необхідна компенсація декількох індуктивних навантажень, що розташовані поруч і вмикаються одночасно, які підключені до одного розподільного пристрою й компенсуються однією батареєю конденсаторів.

Централізована компенсація використовується для підприємств, для яких неприйнятний режим недокомпенсації або перекомпенсації. Конденсаторна установка обладнується спеціалізованим контролером та комутаційно-захисною апаратурою. При відхиленні значення $\cos\varphi$ від заданого значення контролер вмикає чи відмикає ступені конденсаторів. Перевага централізованої компенсації – ввімкнена потужність конденсаторних батарей відповідає спожитій в конкретний момент часу реактивній потужності без перекомпенсації або недокомпенсації.

3.3.1 Розрахунок балансової задачі КРП

Для початку роботи необхідно у головному меню БД вибрати потрібний розділ, підрозділ та саму задачу рис. 3.4.

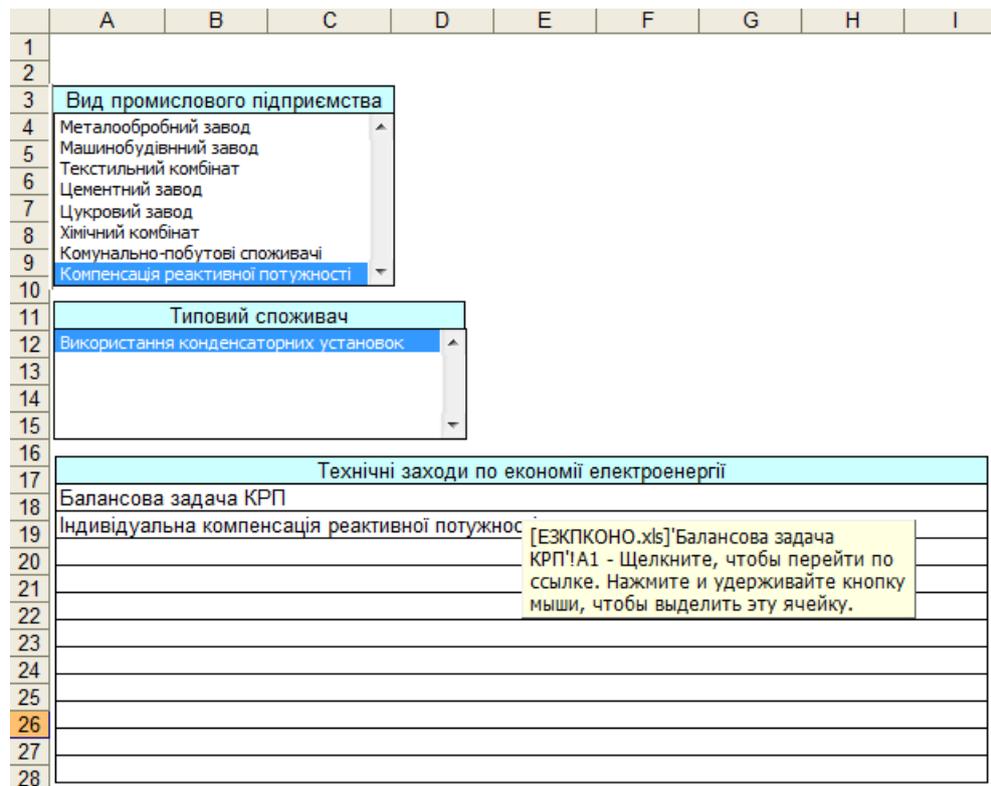


Рисунок 3.4 – Вибір необхідного розділу у БД

Далі автоматично за допомогою функції «ГИПЕСЫЛКА» переходимо до робочого листа Excel під назвою «Балансова задача КРП». Вигляд даного листа показано на рис. 3.5.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
1	Вхідні дані для розрахунку												
2													
3	Напруга, кВ:					10							
4													
5	Кількість ТП штук					5							
6													
7	Вхідна реактивна потужність, квар:					280							
8													
9	Час використання максимального навантаження, год					3000							
10													
11	Тариф за активну електроенергію, грн/кВт*год					1,52							
12													
13													
14	Потужність конденсаторних батарей встановлених на ТП, квар:												
15		Розрах. Пот.		Найближча стандартна		Марка БСК							
16	ТП1	247		250		УКР 0,4-250/25							
17	ТП2	452		450		УКР 0,4-450/25							
18	ТП3	535		550		УКР 0,4-550/25							
19	ТП4	465		450		УКР 0,4-450/25							
20	ТП5												
21													
22	ΣQн=	2488	квар										
23	ΣQк=	1700	квар										
24	ΣQн-ΣQк=	788	квар										
25	Qвх=	280	квар										

Дані про ТП					
	ТП1	ТП2	ТП3	ТП4	ТП5
N	2	2	2	2	2
St	630	630	630	630	400
Qн	340	545	628	465	510

Розрахунок

Рисунок 3.5 – Вигляд інтерфейсу розрахунку балансової задачі КРП

Даний розрахунок є автоматизованим і складається із двох етапів:

1. Ручне введення даних оператором;
2. Автоматичний розрахунок необхідної потужності БСК за заданими параметрами.

Необхідні дані вводяться в ручну за допомогою випадючих списків або клавіатури. Розроблена програма є дискретною і дозволяє визначати потужність БСК лише для п'яти вузлів, тобто п'яти трансформаторних підстанцій (ТП).

Після введення усіх необхідних даних і натиску кнопки розрахунок, програма здійснює автоматичний пошук необхідних потужності та типу БСК. Для досягнення цієї мети використовувалися такі функції Excel, МИН (МАКС). Синтаксис цієї функції має вигляд: МИН/МАКС(числовий вираз/назва числового масиву) [21].

За допомогою засобу «Поиск решения» можна вирішити задачі прийняття оптимальних рішень на нескінчені множині доступних рішень.

Задавши всі дані, які вимагає засіб «Поиск решений» необхідно натиснути кнопку «Найти решение» і оптимізаційна задача буде вирішена.

Балансова задача КРП виконується за цільовою функцією, що наведена в підрозділі 2.5 та для спрощення розрахунків робляться наступні припущення:

- 1) не враховується вплив КРН на вибір силових елементів СЕП;
- 2) не враховується постійна складова затрат в КУ;
- 3) напруга в вузлах мережі вважається приблизно однаковою і приймається рівною номінальній.

Математична модель балансової задачі оптимальної КРП була подана в підрозділі 2.5. Її і будемо використовувати.

На цьому самому листі окрім розрахункового блоку знаходиться також блок із усіма необхідними даними БСК та трансформаторів рис. 3.6, 3.7.

Для розрахунку цільової функції використовувалась функція “Поиск решения” за допомогою кнопки “Розрахунок” у яку було вписано програмний код мовою VBA рис. 3.8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
91	Конденсаторні батареї								
92	№	Мощность конденсаторной установки, кВАр	Тип конденсаторной установки	12,5 кВАр		Степень регулирования, кВАр	Номинальный ток, А	Габаритные размеры	Способ монтажа шкафа
93				25 кВАр	25 кВАр				
94									
95	1								
96	2	25	УКР 0,4-25/6,25	1	-	6,25	36	800x650x275	настенный
97	3	37,5	УКР 0,4-37,5/6,25	2	-	6,25	54	800x650x275	настенный
98	4	50	УКР 0,4-50/6,25	1	1	6,25	72	800x650x275	настенный
99	5	75	УКР 0,4-75/12,5	2	2	12,5	108	800x650x275	настенный
100	6	100	УКР 0,4-100/12,5	2	3	12,5	144	800x650x275	настенный
101	7	125	УКР 0,4-125/25	-	5	25	180	1900x475x400	напольный
102	8	150	УКР 0,4-150/25	-	6	25	216	1900x475x400	напольный
103	9	175	УКР 0,4-175/25	-	7	25	252	1900x475x400	напольный
104	10	200	УКР 0,4-200/25	-	8	25	288	1900x475x400	напольный
105	11	225	УКР 0,4-225/25	-	9	25	324	1900x700x400	напольный
106	12	250	УКР 0,4-250/25	-	10	25	360	1900x700x400	напольный
107	13	275	УКР 0,4-275/25	-	11	25	396	1900x700x400	напольный
108	14	300	УКР 0,4-300/25	-	12	25	432	1900x700x400	напольный
109	15	350	УКР 0,4-350/25	-	14	25	504	1900x900x400	напольный
110	16	400	УКР 0,4-400/25	-	16	25	576	1900x900x400	напольный
111	17	450	УКР 0,4-450/25	-	18	25	648	1900x1175x400	напольный
112	18	500	УКР 0,4-500/25	-	20	25	720	1900x1175x400	напольный
113	19	550	УКР 0,4-550/25	-	22	25	792	1900x1175x400	напольный
114	20	600	УКР 0,4-600/25	-	24	25	864	2000x1200x600	напольный

Рисунок 3.6 – База даних БСК

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
75	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
76	Ст	Унт	DPxx	DPk	ixx	Uк	Rт	Xт	Кт1,	Кт2,
77	кВА	кВ	кВТ	кВТ	%	%	Ом	Ом	тис. грн	тис.грн
78	63	10	0,24	1,28	2,8	4,5	32,25	63,734	39,42	95,78
79	100	10	0,33	1,97	2,6	4,5	19,7	40,459	44,37	101,71
80	160	10	0,51	3,1	2,4	4,5	12,109	25,385	50,38	109,45
81	250	10	0,74	4,2	2,3	4,5	6,72	16,699	58,77	119,46
82	400	10	0,95	5,9	2,1	4,5	3,688	10,628	69,55	143,38
83	630	10	1,31	8,5	2	5,5	2,142	8,463	81,54	159,53
84	1000	10	2,1	10,5	1,4	6	1,05	5,907	95,04	188,23
85	1600	10	2,8	18	1,3	5,5	0,703	3,365	111,47	234
86	2500	10	3,85	23,5	1	6,5	0,376	2,573	130,59	267,73

Рисунок 3.7 – База даних трансформаторів 10 кВ

```

Private Sub CommandButton1_Click()
Sub Minimum_Profit()

' Set up the parameters for the model.
' Determine the maximum value for the sum of profits in cell G14
' by changing the number of units to build in cells G9:I9.
SolverOk SetCell:=Range("E44"), MaxMinVal:=0, _
    ByChange:=Range("B47;B48;B49;B50;B51")

' Add the constraint for the model. The only constraint is that the
' number of parts used does not exceed the parts on hand--
' B47;B48;B49;B50;B51>=0
SolverAdd CellRef:=Range("B47;B48;B49;B50;B51"), Relation:=1, _
    FormulaText:="$B$3:$B$7"

' Do not display the Solver Results dialog box.
SolverSolve UserFinish:=True

' Finish and keep the final results.
SolverFinish KeepFinal:=1

End Sub

```

Рисунок 3.8 – Програмний код мовою VBA

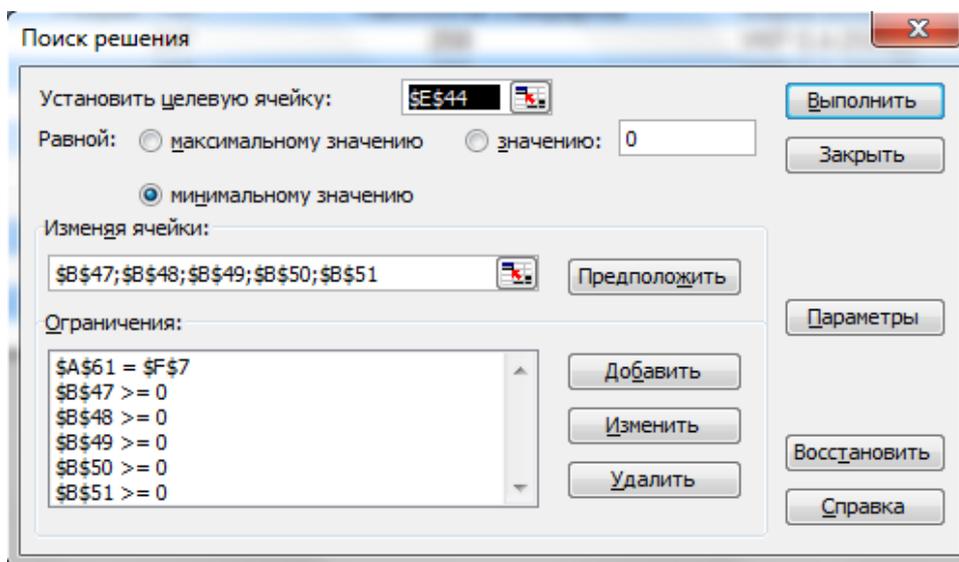


Рисунок 3.9 – Діалогове вікно засобу «Поиск решений» для визначення потужності БСК

Опорні формули комірок наведені у табл. 3.4.

Таблица 3.4 – Опорні формули на робочому листі Excel “Балансова задача КРП”

Назва комірки	Опорна формула
E42	=((0,124+F9/10000)^2)*8760
E43	=E42*F11
F47:F51	=ВПР(D48;ТКУ;2;0)
B16:B20	=ЕСЛИ(B47>0;B47;"")
E44	=ЕСЛИ(F5=1;(((E43/1000)/(F3^2)*(H7-B47)^2*((ВПР(H6;Т10КВ;7;0)/H5)))));ЕСЛИ(F5=2;(((E43/1000)/(F3^2)*(((H7-B47)^2*((ВПР(H6;Т10КВ;7;0)/H5))))+(((I7-B48)^2*((ВПР(I6;Т10КВ;7;0)/I5))))));ЕСЛИ(F5=3;(((E43/1000)/(F3^2)*(((H7-B47)^2*((ВПР(H6;Т10КВ;7;0)/H5))))+(((I7-B48)^2*((ВПР(I6;Т10КВ;7;0)/I5))))+(((J7-B49)^2*((ВПР(J6;Т10КВ;7;0)/J5))))));ЕСЛИ(F5=4;(((E43/1000)/(F3^2)*(((H7-B47)^2*((ВПР(H6;Т10КВ;7;0)/H5))))+(((I7-B48)^2*((ВПР(I6;Т10КВ;7;0)/I5))))+(((J7-B49)^2*((ВПР(J6;Т10КВ;7;0)/J5+(((K7-B50)^2*((ВПР(K6;Т10КВ;7;0)/K5)))))))));ЕСЛИ(F5=5;(((E43/1000)/(F3^2)*(((H7-B47)^2*((ВПР(H6;Т10КВ;7;0)/H5))))+(((I7-B48)^2*((ВПР(I6;Т10КВ;7;0)/I5))))+(((J7-B49)^2*((ВПР(J6;Т10КВ;7;0)/J5))))+(((L7-B51)^2*((ВПР(L6;Т10КВ;7;0)/L5))))+(((K7-B50)^2*((ВПР(K6;Т10КВ;7;0)/K5)))));0))))
E47:E51	=ЕСЛИ(И(B47>=50;B47<=290);ОКРУГЛТ(B47;25);ЕСЛИ(И(B47>290;B47<=1000);ОКРУГЛТ(B47;50);ЕСЛИ(И(B47<50;B47>=30);\$B\$97;ЕСЛИ(И(B47<30;B47>15);\$B\$96;0))))
D16:D20	=ЕСЛИ(D47>0;D47;"")
H10	=ВНЕДРИТЬ("Forms.CommandButton.1";"")
A61	=(A60-B47)+(B60-B48)+(C60-B49)+(D60-B50)+(E60-B51)
A60:E60	=ЕСЛИ(\$F\$5>=1;H7;0)

3.3.2 Індивідуальна компенсація реактивної потужності

Вибір потужності БСК при індивідуальній компенсації дає змогу покращити коефіцієнт потужності до значень $\cos\varphi = 0,93 \div 0,99$.

Алгоритм і принцип вибору є дуже простим і складається також із двох етапів:

- ручного введення потужності та значення коефіцієнта потужності у відповідні комірки;
- далі програма автоматично рахує потужність БСК яка необхідна для того щоб забезпечити $\cos\varphi = 0,93 \div 0,99$, і вибирає із БД необхідну потужність, БСК.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Вхідні дані											
2												
3	Активна потужність споживача, кВт:				70							
4												
5	Коефіцієнт потужності даного споживача:				0,75							
6												
7	Найближча стандартна, квар											
8	Оптимальна потужність БСК, квар:				61,73		50		марка БСК УКР 0,4-50/6,25			
9												
10												
11	Коефіцієнт потужності після КРП:				0,986239							

Рисунок 3.10 – Вид вигляду інтерфейсу розрахунку індивідуальної КРП

Таблиця 3.5 – Опорні формули на робочому листі Excel “ІКРП”

Назва комірки	Опорна формула
E11	=E3/F50
G8	=ЕСЛИ(И(E8>=50;E8<=290);ОКРУГЛТ(E8;25); ЕСЛИ(И(E8>290;E8<=1000);ОКРУГЛТ(E8;50); ЕСЛИ(И(E8<50;E8>=30);\$B\$55;ЕСЛИ(И(E8<30;E8>15);\$B\$54;0))))
J8	=ВПР(G8;БСКІ;2;0)
B16:B20	=ЕСЛИ(B47>0;B47;"")
C48	=E3/E5
D50	=КОРЕНЬ(C48^2-E3^2)
F50	=КОРЕНЬ(E3^2+(D50-G8)^2)

Отже, було розроблено розрахункові блоки СКБД. Дані блоки є автоматизованими та потребують попереднього введення вхідних даних для пошуку рішення технічної задачі направленої на зменшення втрат активної енергії.

3.4 Висновки до розділу 3

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було створено систему керування базами даних енергозбереження. Були наведені вихідні дані необхідні для розробки. Показано алгоритм та принцип роботи СКБД, що розроблялась. Було розроблено вигляд та принцип роботи головного меню СКБД по енергозбереженню на робочому листі Excel. Інтерфейс системи керування має зручну форму та є

простим у використанні. Все що необхідно для того, щоб переходити до наступного кроку алгоритму СКБД – натискати необхідну комірку робочого листа Excel.

Також було показано приклад роботи розрахункового блоку (етапу) СКБД на виконанні розрахунку балансової задачі КРП та розрахунку індивідуальної компенсації реактивної потужності. Використання даної СКБД гарантує для всіх користувачів простоту і надійність доступу до відомостей з енергозбереження та можливість їх реалізації.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у 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 $B = 1550$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 950$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{\text{пл}}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 6500$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_{\text{н}} = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{\text{ок}} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 6500$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{\text{пл}} = З \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6500 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,078 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{\text{пл}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 950 \cdot 0,078}{0,12} = 852,15 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 1550 - 852,15 = 697,85 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{6500}{697,85} = 9,31 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 9,31 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

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

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства, показаної на рис. 4.1 та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2 і 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-630	2	877,77
ТП 2	ТМ-630	2	953,78
ТП 3	ТМ-630	2	1018,3

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	593	АПвЭБВ-10 3x70	2
ЦРП – ТП2	118	АПвЭБВ-10 3x70	2
ЦРП – ТП3	137	АПвЭБВ-10 3x70	2

Рекомендації до виконання:

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

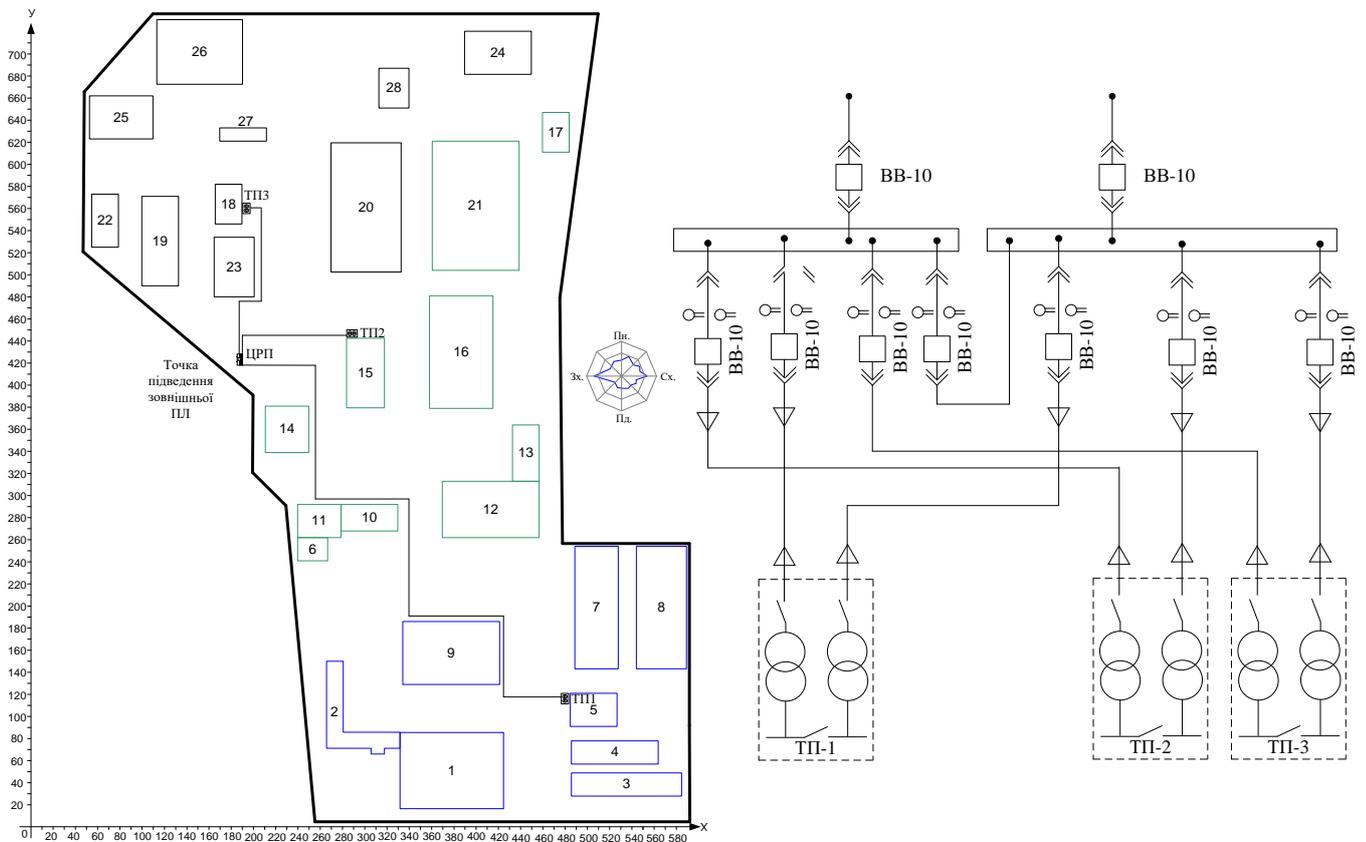


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання заводу

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

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 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{\text{прок}}$ – 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 3х70) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} + K_{\text{прок}}) L = (83,08 \cdot 2 + 4,22) \cdot 0,593 = 101,04 \text{ тис.грн.}$$

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 3х70	2	0,593	83,08	4,22	101,04
ЦРП-ТП2	АПвЭБВ-10 3х70	2	0,118	83,08	4,22	20,11
ЦРП-ТП3	АПвЭБВ-10 3х70	2	0,137	83,08	4,22	23,34
Разом						144,49

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

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

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

$K_{\text{пост}}$ – 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:

$$K_{\text{пс1}} = 561,9 + 112,38 = 674,28 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 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-630	2	561,90	112,38	674,28
КТП-2	ТМ-630	2	561,90	112,38	674,28
КТП-3	ТМ-630	2	561,90	112,38	674,28
Разом:					2022,83

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис. 4.1, кількість вимикачів 10 кВ – 9 шт. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 40 – 50 тис. грн. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 9 \cdot 40 = 360 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 2022,83 + 360 = 2382,83 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 144,49 + 2382,83 = 2527,31 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, 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. [22];

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

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

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

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

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

$K_{\text{ср}}$ – 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 табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	9	1	16	144	12	1	108
ТМ-630	6	0,33	120	237,6	12	20	1440
Кабельна лінія 70 мм ² , км	1,696	1	46	78,016	1	11,5	19,504
Разом				459,616			1567,504

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10кВ	9	2	0,1	12	345,6	453,6
ТМ-630	6	2	0,1	12	1728	3168
Кабельна лінія 70 мм ² , км	1,696	2	0,1	12	187,2384	206,742
Разом					2260,8384	3828,342

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{3828,3424}{1900 \cdot 1,05} = 1,92. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{459,616}{1900 \cdot 1,1} = 0,22. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1] $N_{\text{тр}} = 2$ чол., $N_{\text{обс}} = 2$ 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:

$$\Phi_{\text{е}} = N_{\text{обс}} \cdot \beta_{\text{н}} \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_{\text{д}}, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.15)$$

де $K3$, $K4$ – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

C_1 – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_1 = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{\text{г.і}}}{\Phi_{\text{н}}}, \quad (4.16)$$

$$C_1 = 6500 \cdot 1 / 176 = 36,95 \text{ (грн./год.)}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 36,95 = 45,26 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 45,26 \cdot 1900 = 154802,025 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

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

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

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

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 26,84 = 48,59 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 459,616 \cdot 48,59 = 22332,396 \text{ (грн./рік)}.$$

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:

$$\Phi_{oc} = 154802,025 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 195050,545 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 22332,396 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 29255,438 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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:

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

$$\Phi_{оод} = 195050,545 \cdot 1,15 = 224308,13 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 29255,438 \cdot 1,15 = 33643,75 \text{ (грн./рік)}.$$

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 ($C_{\text{ЗП}}$) розраховуються так, грн./рік:

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

де $\beta_{\text{п}}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{\text{п}} = 33\%$;

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

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

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зпе}} = 224308,13 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 305059,06 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 33643,75 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 45755,5 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 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.			
		630	1000	1600	2500	630	1000	1600	2500
Силові трансформатори		630	1000	1600	2500	630	1000	1600	2500
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:

$$C_M = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{\text{ЛО}}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{\text{мпр}} = 53938,65$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{\text{МТО}} = 719043,6$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{\text{обс}} = 305059,06 + 719043,6 = 1024102,66 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 45755,5 + 53938,65 = 99694,15 \text{ (грн/рік).}$$

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.

$$C_a = 0,06 \cdot 2527313,776 = 151638,826 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

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

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

$$C_{\text{ip}} = 0,25 \cdot (1024102,66 + 99694,15 + 151638,826) = 318858,91 \text{ (грн/рік).}$$

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	1024102,66	64,24
Витрати на поточний ремонт	99694,15	6,25
Витрати на амортизацію	151638,83	9,51
Інші витрати	318858,91	20
Разом	1471911,89	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 установленної (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 технічного відділу:

$$E_{a1} = 94,18 \cdot 3500 = 329614,88 \text{ кВт год./ рік .}$$

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

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tм, год.	cos φ	Pp, кВт	Еа, кВт·год./рік
Відділи: технічний...	2	121,47	3500	0,65	94,18	329614,880
Заводууправління	2	40,91	3500	0,8	35,36	123759,125
Гараж	2	40,07	3500	0,85	35,84	125441,085
Цех 9	2	95,98	3500	0,8	79,44	278032,370
Цех 4(в т.ч. мех. від.)	2	155,00	3500	0,8	126,14	441480,200
Дільниця ковальсько...	2	109,27	3500	0,75	83,36	291766,090
Склад металу	2	75,24	3500	0,85	68,02	238066,483
Цех 7	2	295,20	3500	0,5	178,64	625249,800
Бюро технічної...	2	68,07	3500	0,6	60,74	212589,930
Відділення очистки	2	123,32	3500	0,5	68,37	239286,600
Дільниця гальванічного...	2	114,46	3500	0,7	84,01	294047,250
Їдальня на 500 місць	2	53,87	3500	0,65	45,04	157627,680
Заглиблений склад	2	37,71	3500	0,6	28,13	98466,480
Дільниця пресова	2	76,07	3500	0,55	50,10	175340,480
Відділення плазмового...	2	152,97	3500	0,7	112,17	392600,250
Склад готових виробів	2	74,57	3500	0,8	66,96	234363,150
Дільниці: розкрійно...	2	9,47	3500	0,7	8,10	28358,400
Компресорна	2	132,45	3500	0,9	119,41	417931,360
Будівля автоматичної...	2	47,45	3500	0,85	42,61	149131,395
Дільниця слюсарно...	2	291,02	3500	0,7	226,70	793459,170
Дільниці: механічна...	2	213,42	3500	0,75	182,43	638492,855
Склад промислових...	2	38,80	3500	0,7	30,78	107726,080
Склад ПДО, ЦПС	2	40,18	3500	0,7	33,25	116359,600
Пилорамне відділення	2	86,79	3500	0,75	70,48	246689,100
Блок складів №2	2	39,46	3500	0,75	33,56	117468,400
Блок складів № 1	2	60,07	3500	0,8	52,23	182815,500
Дільниця сушки лісоматеріалів	2	197,86	3500	0,75	149,65	523792,080
Дільниця столярна...	2	89,34	3500	0,7	65,59	229547,780
Разом					2231,287	7809503,573

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_M – 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 [22].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H} = \frac{877,77}{\sqrt{3} \cdot 10} = 25,34 \text{ (А)}. \quad (4.34)$$

Активний опір однієї фази кабелю від ЦРП до ТП1.:

$$R = 0,593 \cdot 0,62 = 0,368 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot 2 \cdot 25,34^2 \cdot 0,368 \cdot 1968,2 \cdot 10^{-3} = 2787,7 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

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_M , А	R , Ом	τ , год./рік	$R_{пит}$, Ом/км	$\Delta E_{л}$, кВт·год.
ЦРП-ТП-1	АПвЭБВ-10 3x70	2	0,593	25,34	0,368	1968,16	0,62	2787,65
ЦРП-ТП-2	АПвЭБВ-10 3x70	2	0,118	27,53	0,073	1968,16	0,62	654,939
ЦРП-ТП-3	АПвЭБВ-10 3x70	2	0,137	29,40	0,085	1968,16	0,62	866,751
Разом								4309,3

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;

$\Delta P_{кз}$ 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:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 1,31 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 8,5 \cdot \left(\frac{877,77}{1000} \right)^2 \cdot 1968,2 = 39189,11 \text{ (кВт}\cdot\text{год/рік)}.$$

Для інших ТП проводимо аналогічні розрахунки і їх результати зводимо у табл. 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-630	2	1,31	8,5	877,77	630	39189,11
КТП-2	ТМ-630	2	1,31	8,5	953,78	630	42123,10
КТП-3	ТМ-630	2	1,31	8,5	1018,3	630	44804,66
Разом							126116,86

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

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

$$E = 7809503,573 + 4309,34 + 126116,86 = 7939929,77 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$П = 3,5 \cdot 7939929,77 = 27789754,195 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

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;

$$C_{\Pi} = 1024102,66 + 99694,15 + 151638,826 + 318858,91 = 1594294,55 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 27789754,195 + 1594294,55 = 29384048,75 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{29384048,75 \cdot 100}{7809503,573} = 3,76 \text{ (грн./кВт}\cdot\text{год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	7809503,573	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	7939929,77	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	27789754,195	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{Π}	1594294,55	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	29384048,75	грн
Собівартість електроенергії	S	376	коп/кВт·год

4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 376 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розглянуто питання охорони праці, які стосуються робіт з підвищення енергоефективності державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», м. Вінниця. Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Отже, основна мета охорони праці – зведення до мінімуму імовірності травматизму та захворювань працівників. Це здійснюється за рахунок забезпечення нормальних умов праці.

На оперативно-ремонтний електротехнічний персонал, що здійснює модернізацію та експлуатацію електричної мережі підприємства, впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); іонізація повітря.

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час модернізації та обслуговування обладнання електромонтажники повинні дотримуватися правил охорони праці, за якими перед початком монтажу електрообладнання потрібно змонтувати постійні настили з огорожами відповідно до ГОСТ 12.4.059, ГОСТ 23407, ГОСТ 24258. За правилами з охорони праці під час виконання робіт на висоті потрібно перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцнування. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання та переміщення.

Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтуються до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу необхідно застосовувати драбини, перехідні містки і трапи, що мають огорожі. Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця і способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР. Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного.

До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»). Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань. До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом керівника

підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані, а також відповідати вимогам «Правил безпеки під час роботи з інструментом і пристроями».

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом, що є відповідним до вимог ГОСТ 12.4.107. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється.

Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмопровідних частин. Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці. Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі. Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів підприємств, з візків мостового крану слід провадити не менш ніж двома працівниками, один з яких з групою Ш. Під час виконання робіт з використанням крану ремонтникам має бути виданий наряд-допуск.

Ручний електрифікований інструмент повинен відповідати вимогам ДСТУ ІЕС 60745-1:2010 «Інструмент ручний електромеханічний. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги».

Номинальна напруга електроінструменту класів I та II не повинна перевищувати: 220 В – для електроінструменту постійного струму; 380 В – для електроінструменту змінного струму.

Електроінструмент, що живиться від електричної мережі, повинен бути оснащений незнімним гнучким кабелем (шнуром) із штепсельною вилкою.

Незнімний гнучкий кабель електроінструменту класу I повинен мати жилу, що з'єднує заземлювальний затискач електроінструменту із заземлювальним контактом штепсельної вилки.

Кабель у місці введення в електроінструмент класу I необхідно захищати від стирань та перегинань еластичною трубкою з ізоляційного матеріалу. Трубку необхідно закріплювати в корпусних деталях електроінструменту таким чином, щоб вона виступала за їх межі на довжину не менше п'яти діаметрів кабелю. Трубка на кабелі не повинна закріплюватись поза електроінструментом.

Для приєднання однофазного електроінструменту шланговий кабель повинен мати три жили: дві – для живлення, одна – для заземлювання. Для приєднання трифазного електроінструменту необхідно застосовувати чотирижильний кабель, одна з жил якого призначена для заземлювання. Це стосується тільки електроінструменту із заземленим корпусом.

Доступні для доторкання металеві деталі електроінструменту класу I, які можуть потрапити під напругу в разі пошкодження ізоляції, повинні бути з'єднані із заземлювальним затискачем. Електроінструменти класів II і III не підлягають заземленню. Заземлення корпусу електроінструменту необхідно виконувати за допомогою спеціальної жили кабелю живлення, яка не повинна одночасно бути провідником робочого струму. Не дозволяється використовувати для заземлення корпусу електроінструменту нульовий робочий провід.

Штепсельна вилка електроінструменту повинна мати відповідну кількість робочих і один заземлювальний контакт. Конструкція вилки повинна забезпечувати випереджувальне замикання заземлювального контакту при ввімкненні та більш запізніле розмикання при вимкненні. Конструкція штепсельних вилок

електроінструменту класу III повинна передбачати унеможливлення зчленування їх з розетками на напругу вище 42 В.

Переносні понижувальні трансформатори, роздільні трансформатори та перетворювачі повинні бути оснащені на стороні вищої напруги кабелем зі штепсельною вилкою для приєднання до електричної мережі. Довжина кабелю не повинна перевищувати 2 м, а його кінці необхідно закріплювати до затискачів трансформатора за допомогою паяння (зварювання) або болтового з'єднання. На стороні нижчої напруги трансформатора повинні бути передбачені гнізда під штепсельну вилку.

Кабель електроінструменту повинен бути захищений від випадкового пошкодження і зіткнення його з гарячими, вологими та масляними поверхнями.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання для монтажу та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Відповідно з ГОСТ ПБЕ умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що будуються, є струмопровідною.

Загальні вимоги безпеки до виробничого обладнання встановлені згідно з ГОСТ 12.2.003, в якому визначені вимоги до основних елементів конструкції, органів управління і засобів захисту, які входять в конструкцію виробничого обладнання любого виду і призначення. Електропривід насосів, вентиляторів, іншого обладнання повинний бути виконаний відповідно до Правил устрою електричних установок.

Обов'язкова установка захисного заземлення та захисного відключення. При роботі з електроустановками використовуються основні і додаткові електрозахисні засоби. До основних відносяться: ізолюючі штанги; ізолюючі і струмовимірювальні кліщі; слюсарно-монтажні інструменти з ізолюючим руків'ям.

До додаткових відносяться: діелектричні рукавички; переносне заземлення; огорожуючі пристосування; плакати та знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99. Мікроклімат цеху характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені в табл. 5.1. Робота з монтажу системи опалення та її обладнання відноситься до категорії Пб по важкості праці.

Таблиця 5.1 – Допустимі норми параметрів повітря на непостійних робочих місцях

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

5.2.2 Склад повітря робочої зони

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

Під час монтажу системи опалення виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні у приміщенні може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при технологічних процесах в цеху і знаходяться повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно до наведено в табл. 5.2.

Для забезпечення допустимих показників мікроклімату та складу повітря робочої зони відповідно до ДБН проектом передбачені наступні рішення:

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

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери в робочій зоні монтажника

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

5.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи V, підрозряд «а». Нормовані значення освітленості наведені в табл.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 4,5 метра.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер 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 Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	a	малий	темний	400	200	3,0-	1,8

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

5.2.4 Виробничий шум

Під час монтажу системи опалення на будівництві джерелом шуму є будівельне обладнання, машини, механізми та переносний електроінструмент – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Постійна дія сильного шуму може не лише негативно вплинути на слух, але й викликати інші шкідливі наслідки – дзвін у вухах, запаморочення, головний біль, підвищення втоми, зниження працездатності. Шум має кумулятивний ефект, тобто акустичні подразнення, накопичуючись в організмі людини, все сильніше пригнічують нервову систему. Тому перед втратою слуху від впливу шумів виникає функціональний розлад центральної нервової системи. Особливо шкідливий вплив шуму позначається на нервово-психічній діяльності людини. Процес нервово-психічних захворювань вищий серед осіб, що працюють у гомінких умовах, ніж у людей, що працюють у нормальних звукових умовах.

При санітарно-гігієнічному нормуванні шуму використовують два методи:

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

За характером спектру шум – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою – постійний; за походженням – пневматичний. Допустимі рівні звукового тиску на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 і наведені в табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Допустимі рівні звукового тиску

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

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

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підощви ніг або сідниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 і наведені в табл. 5.5.

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

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<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	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

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

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ДП «45 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 разі 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.

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 електроспоживання «45 експериментальний механічний завод».

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання «45 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 в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – 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 дослідження безпеки роботи системи електроспоживання «45 експериментальний механічний завод» визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ($p_{гр}$) за наступною формулою:

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

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 ($K_{пос} = 2$),

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

1.3 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:

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

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

Отже система електроспоживання «45 експериментальний механічний завод» буде працювати безпечно в умовах іонізуючих випромінювань.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електроспоживання ДП«45 експериментальний механічний завод» в умовах дії електромагнітного імпульсу

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

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

де U_{δ} - допустиме коливання напруги живлення;

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

Спочатку визначається допустиме коливання напруги живлення:

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

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:

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

Після підстановки числових даних:

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

З формули визначається горизонтальна складова напруженості електричного поля:

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

Отже, E_{Γ} визначається:

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

Після підстановки числових даних в формулу (5.7):

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

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається з формули:

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

Тоді E_B буде:

$$E_B = 0,0252 \cdot 1000 = 25,2 (В/м).$$

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електроспоживання ДП «45 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:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (5.9)$$

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. Прийmemo $t=1$ мм.

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

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

5.4 Висновки до розділу 5

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 електроспоживання ДП «45 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 електроспоживання ДП «45 експериментальний механічний завод» є зменшення струмопровідних провідників шляхом вдосконалення схемоустаткування пристроїв.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було виконано дослідження щодо підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», місто Вінниця. Проведені наукові дослідження дозволили отримати наступні основні результати та висновки.

Проведено розрахунок середних та розрахункових навантажень цехів і підприємства методом коефіцієнтів використання та попиту. Розраховано оптимальну кількість, потужність та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій, а саме було вибрано три двотрансформаторні ЦТП, марки ТМ – 630/10. Для живлення підприємства було розраховано та обрано оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення 10 кВ, яка виконана за допомогою кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці марки АПвЭБВ-10 3x150 мм². Оптимальний переріз кабельних ліній 10 кВ заводської мережі виконаний АПвЭБВ-10 рівний 70 мм². Здійснено розрахунок координат розміщення ЦРП, який є економічно оптимальним. Проведено розрахунок оптимальної потужності БСК, які встановлюються на стороні низької напруги трансформаторних підстанцій.

В роботі було створено систему керування базами даних енергозбереження. Були наведені вихідні дані необхідні для розробки. Показано алгоритм та принцип роботи СКБД, що розроблялась. Було розроблено вигляд та принцип роботи головного меню СКБД по енергозбереженню на робочому листі Excel. Інтерфейс системи керування має зручну форму та є простим у використанні. Все що необхідно для того, щоб переходити до наступного кроку алгоритму СКБД – натискати необхідну комірку робочого листа Excel. Також було показано приклад роботи розрахункового блоку (етапу) СКБД на виконанні розрахунку балансової задачі КРП та розрахунку індивідуальної компенсації реактивної потужності. Використання даної СКБД гарантує для всіх користувачів простоту і надійність доступу до відомостей з енергозбереження та можливість їх реалізації.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 376 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на підприємстві ДП «45 експериментальний механічний завод», та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. Харків: Міненерговугілля України, 2017. 617с.
2. ГОСТ 14209-97 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77094 (дата звернення 01.06.2022)
3. ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання Загальне призначення»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=25837 (дата звернення 01.06.2022)
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»: веб-сайт. URL: https://standartgost.ru/g/pkey-14294817093/%D0%A0%D0%94_153-34.0-15.501-00 (дата звернення 01.06.2022)
5. Бурбело М.Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2017. 122 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 - «Методика розрахунку електричних завантажень». веб-сайт. URL: <https://profsector.com/media/catalogs/57ea1c8c988b2.pdf> (дата звернення 01.06.2022)
7. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.
8. Камінський А. В., Мокін Б. І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж: монографія. Вінниця: Універсум Вінниця, 2005. 122с.
9. Каталог конденсаторних установок: веб-сайт. URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 01.06.2022)
10. Кабельно-провідникова продукція: веб-сайт. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 01.06.2022)
11. Трансформатори силові: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення 01.06.2022)
12. Експлуатація освітлювальних установок: веб-сайт. URL: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html (дата звернення 01.06.2022)

01.06.2022)

13. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования / за ред. Ю.Г.Барыбин. Москва: Энергоатомиздат, 1991. 464 с.

14. Регулювання напруги в електричних системах - Конспект лекцій з курсу Електричні системи і мережі: веб-сайт. URL: http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekicii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_11.html (дата звернення 01.06.2022)

15. Барыбин Ю.Г., Бабахаян И.С., Бейдер А.А. Справочник по проектированию электроснабжения: довідник. Москва, 1990. 576 с.

16. Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. Электрическая часть электростанций и подстанций: навч. посіб. Москва, 1989. 607 с.

17. Правила установки электроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.

18. Власов Б. В., Ковалев А. П. Автоматизированные системы управления предприятиями массового производства: навч. посіб. Москва, 1987. 423 с.

19. Гельман Г. А. Автоматизированные системы управления электроснабжением промышленных предприятий: навч. посіб. Москва: Энергоатомиздат, 1984. 255 с.

20. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. Экономия топлива и электроэнергии: навч. посіб. Москва: Энергоатомиздат, 1986. 184 с.

21. Все про Excel: створення і редагування таблиць: веб-сайт. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0-%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8C-e81aa349-b006-4f8a-9806-5af9df0ac664> (дата звернення 01.06.2022)

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

23. Кобилянський О.В., Терещенко О.П. Методичні вказівки относительно опрацювання розділу «Охорона праці» в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей. В.: ВНТУ, 2003. 46 с.

24. Справочник по охране труда на промышленном предприятии / Ткачук К.Н., Иванчук Д.Ф., Сабарно Р.В., Степанов А.Г. Киев: Техника, 1991. 285 с.

25. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень: веб-сайт. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 01.06.2022)
26. ГОСТ 12.0.003 - 74. Система стандартів безпеки праці. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=48127 (дата звернення 01.06.2022)
27. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартів безпеки праці. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=6264 (дата звернення 01.06.2022)
28. ДНАОП 0.03-3.01-71. Санітарні норми проектування промислових підприємств: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=22186 (дата звернення 01.06.2022)
29. Борьба с шумом на производстве / за. ред. Е. Я. Юдина. Москва: Машиностроение, 1985. 400 с.
30. ГОСТ 12.1.008-83. Шум. Загальні вимоги безпеки: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=48130 (дата звернення 01.06.2022)
31. СН 32.23-85. Санітарні норми допустимого шуму на робочих місцях: веб-сайт. URL: https://dnaop.com/html/43077/doc-%D0%94%D0%9D%D0%90%D0%9E%D0%9F_3223-85 (дата звернення 01.06.2022)
32. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48132 (дата звернення 03.06.2022)
33. ГОСТ 12.1.012.-90. Система стандартів безпеки праці. Вібраційна безпека. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=48132 (дата звернення 01.06.2022)
34. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. : веб-сайт. URL: <http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/95.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.2.5-28-2006.%20%D0%9F%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%20%D1%96%20%D1%88%D1%82%D1%83%D1%87%D0%BD%D0%B5%20%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%96%D1%82%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf> (дата звернення 01.06.2022)

35. ОНТП 24-86. Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной опасности: веб-сайт. URL: https://dnaor.com/html/2590/doc-%D0%9E%D0%9D%D0%A2%D0%9F_24-86 (дата звернення 01.06.2022)

36. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення 01.06.2022)

37. ДСТУ 8828:2019. Пожежна безпека: веб-сайт. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125> (дата звернення 02.06.2022)

38. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація: веб-сайт. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf> (дата звернення 02.06.2022)

39. ДСТУ Б В.1.1-36. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек: веб-сайт. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759 (дата звернення 01.06.2022)

40. ДБН В.1.1-7. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: веб-сайт. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf (дата звернення 04.06.2022)

41. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників»: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text> (дата звернення 03.06.2022)

42. ГОСТ 12.1.030-81. Електробезпека. Захисне заземлення. Занулення : веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=7051 (дата звернення 03.06.2022)

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

_____ 2022р.
“ ” _____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
_____ 2022 р.
“ ” _____

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

Підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», місто Вінниця

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-20м з/в

Пундик А.В.

(підпис)

Вінниця 2022 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 65 від 24.03.2022р.

Дата початку роботи 24.03.2022р.

Дата закінчення роботи 09.06.2022р.

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

а) мета: підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» шляхом прийняття оптимальних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування СЕП.

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проєктів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

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

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. X : Міненерговугілля України, 2017 р.

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

Вихідні дані

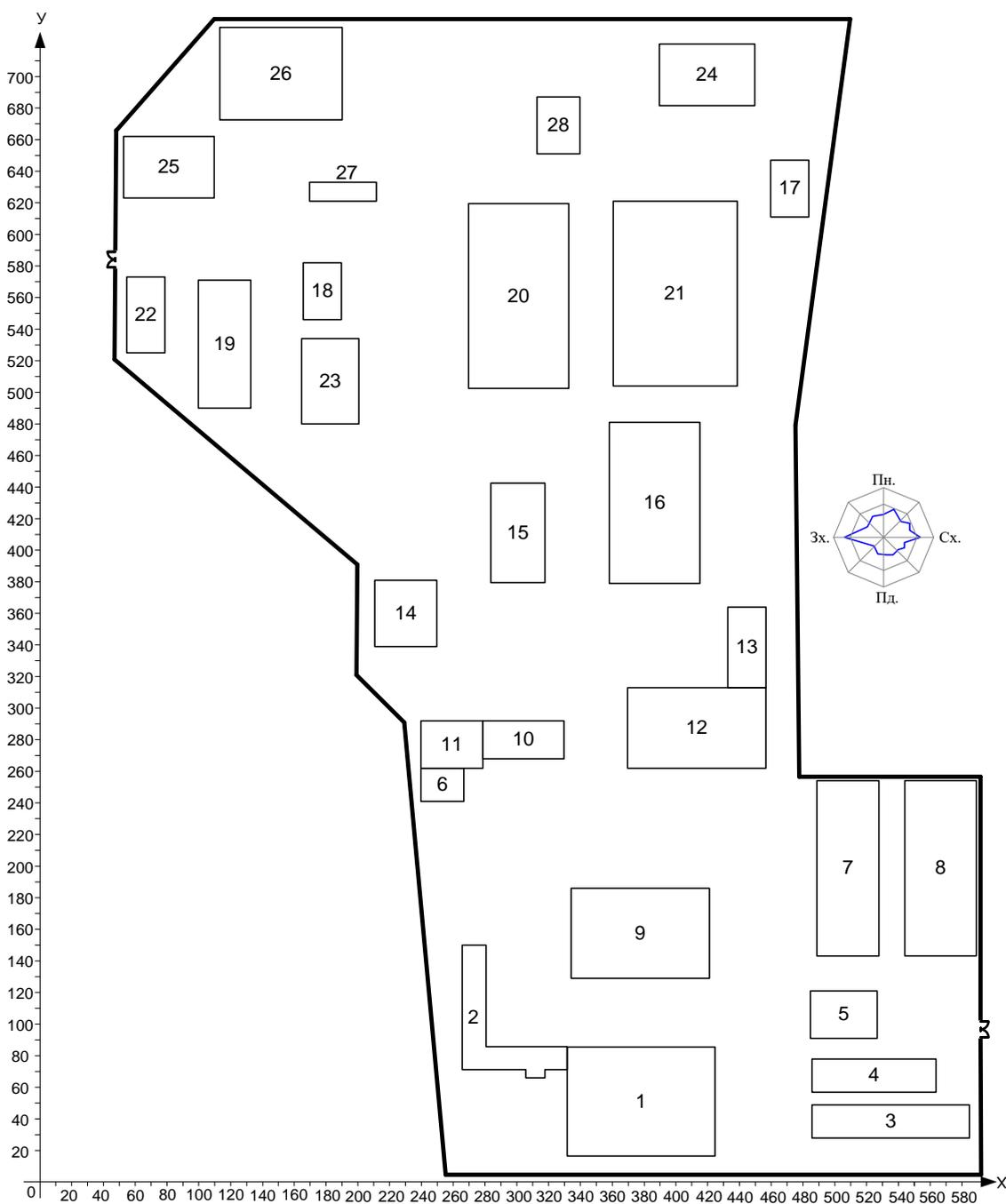


Рисунок Б.1 – Генеральний план ДП «45 експериментальний механічний завод»

Таблиця Б.1 – Відомості про електричні навантаження ДП «45 експериментальний механічний завод»

№	Цех	Рн, кВт
1	Відділи: технічний та виробничо диспетчерський	182
2	Заводоуправління	36,4
3	Гараж	31,2
4	Цех 9	114,4
5	Цех 4	208
6	Дільниця ковальсько-пресова	143
7	Склад металу	36,4
8	Цех 7	210,6
9	Бюро технічної документації	22,1
10	Відділення очистки	97,5
11	Дільниця гальванічного покриття та травлення деталей	122,2
12	Їдальня	59,8
13	Заглиблений склад	31,2
14	Дільниця пресова	106,6
15	Відділення плазмового різання, дільниця розкрійно-заготівельна	351
16	Склад готових виробів	27,3
17	Дільниці: розкрійно-заготівельна, пресова, слюсарно-зварювальна, слюсарно-жерстяницька, швейна	10,4
18	Компресорна	351
19	Будівля автоматичної системи управління виробництвом	58,5
20	Дільниця слюсарно-складальна	312
21	Дільниці: механічна, слюсарно-ремонтна, електромонтажна обслуговування паросилових установок	169
22	Склад промислових відходів	41,6
23	Склад ПДО, ЦПС	36,4
24	Пилорамне відділення	117
25	Блок складів №2	36,4
26	Блок складів № 1	58,5
27	Дільниця сушки лісоматеріалів	416
28	Дільниця столярна та ремонтно-будівельна	130

Додаток Д

Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «45 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕХАНІЧНИЙ ЗАВОД», МІСТО ВІННИЦЯ

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-20м з/в

Пундик А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Шульє Ю. А.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2022

Актуальність теми. Система електропостачання (СЕС) державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» була спроектована, змонтована і прийнята в експлуатацію ще в п'ятидесятих роках минулого століття. Тоді вона задовольняла всім вимогам, адже було встановлено не той час сучасне електрообладнання.

Із того часу повністю змінився асортимент продукції, що виготовляється на підприємстві, а ще суттєві зміни відбулись в технологіях виробництва й технологічному обладнанні. Сьогодні використовується морально застаріле електрообладнання, а технічні параметри устаткування й електричних мереж в багатьох випадках не відповідають електричним навантаженням й параметрам нормальних та аварійних режимів роботи. Для державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» характерним також є незадовільний стан енергозбереження і, як наслідок – збитки різної природи.

Отже, для державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» актуальною задачею є підвищення енергоефективності системи електропостачання шляхом оптимізації самої системи електропостачання, а саме вибором:

- оптимальної кількості та потужності трансформаторів цехових ТП;
- оптимальних перерізів провідників електромереж;
- оптимального розміщення трансформаторних підстанцій;
- оптимальних потужностей конденсаторних установок.

Мета і завдання дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод» шляхом прийняття оптимальних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування СЕС.

Для досягнення поставленої мети у роботі розв'язуються задачі:

- виконати автоматизований розрахунок оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП;
- здійснити автоматизований розрахунок оптимальних перерізів провідників електричних мереж;
- виконати автоматизований розрахунок оптимального розміщення трансформаторних підстанцій;
- зробити автоматизований розрахунок оптимальних потужностей конденсаторних установок;

розробити уніфіковану базу даних з енергозбереження.

Об'єкт дослідження – система електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод».

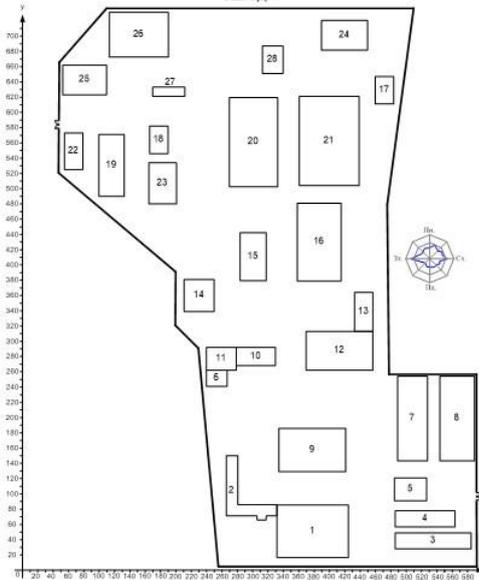
Предмет дослідження – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод».

Наукова новизна одержаних результатів. Удосконалено систему електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», а саме, шляхом автоматизованого вибору оптимальних потужностей трансформаторів цехових ТП, перерізів провідників електричних мереж, оптимального розміщення трансформаторних підстанцій, розрахунку оптимальних потужностей конденсаторних установок та створення уніфікованої бази даних з енергозбереження.

Практичне значення одержаних результатів: практична реалізація отриманих рішень дозволить оптимізувати електропостачання та підвищити енергоефективність системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод»: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕС нормальним та аварійним електричним режимам, зменшити витрати електроенергії.

Загальні відомості про підприємство

Генплан ДП «45 експериментальний механічний завод»



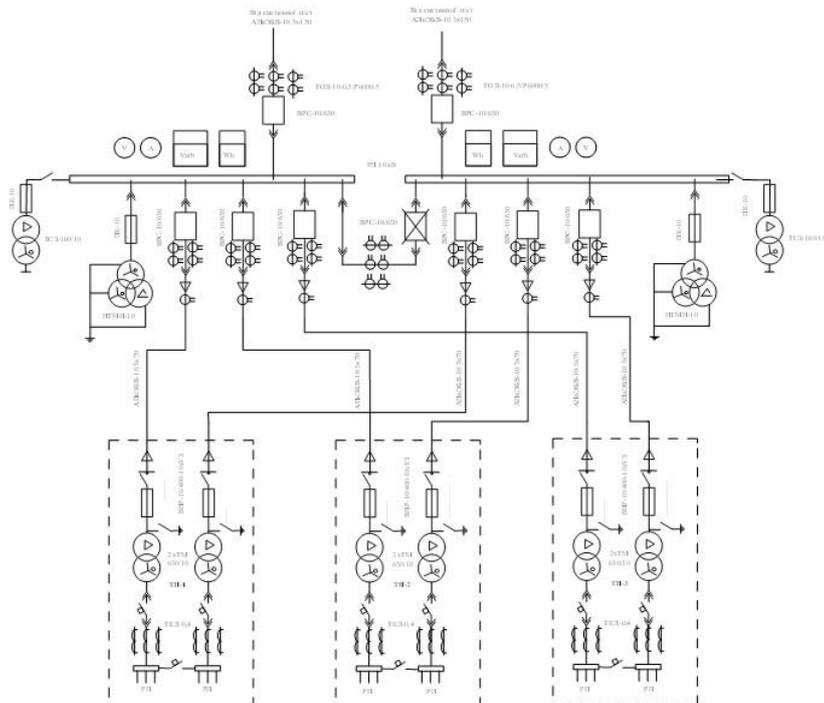
Відомості про електричні навантаження ДП «45 експериментальний механічний завод»

№	Цех	Рн, кВт
1	Відділ: технічний та виробничий диспетчерський	182
2	Заводоуправління	36,4
3	Гараж	31,2
4	Цех 9	114,4
5	Цех 4	208
6	Дільниця ковальсько-пресова	143
7	Склад металу	36,4
8	Цех 7	210,6
9	Бюро технічної документації	22,1
10	Відділення очистки	97,5
11	Дільниця гальванічного покриття та травлення деталей	122,2
12	Ізальня	59,8
13	Заглиблений склад	31,2
14	Дільниця пресова	106,6
15	Відділення плазмового різання, дільниця розкрійно-заготівельна	351
16	Склад готових виробів	27,3
17	Дільниця: розкрійно-заготівельна, пресова, слюсарно-зварювальна, слюсарно-жерстяницька, швейна	10,4
18	Компресорна	351
19	Будівля автоматичної системи управління виробництвом	58,5
20	Дільниця слюсарно-складальна	312
21	Дільниця: механічна, слюсарно-ремонтна, електромотажна обслуговування паросилових установок	169
22	Склад промислових відходів	41,6
23	Склад ПДО, ЦПС	36,4
24	Пилорамне відділення	117
25	Блок складів №2	36,4
26	Блок складів №1	58,5
27	Дільниця сушки лісоматеріалів	416
28	Дільниця столярна та ремонтно-будівельна	130

Державне підприємство «45 експериментальний механічний завод» входить до Державного концерну «Укроборонпром» із повним виробничим циклом виготовлення виробів з значним обсягом експериментальних та дослідних робіт.

45 експериментальний механічний завод було засновано в 1943 році. Це провідне підприємство з виробництва технічних засобів транспортування, заправки, перекачування й зберігання нафтопродуктів.

Однолінійна схема електропостачання підприємства



Визначення оптимальних потужностей ТП

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП на мінімальні затрати														
2	Дані розрахункової мережі														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА														
4	Середня потужність ТП, кВА														
5	Коефіцієнт трансформатора														
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальній режимі														
7	Дані по аварійному режимі														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження аварійного режимі														
9	Доля навантаження в п.а. режимі														
10	Валові характеристики														
11	Питома вага витрат, грн/кВт														
12	Коефіцієнт ефективності капітальних витрат														
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію														
14															
15	№	Вт, кВА	дРпк, кВт	дРпк, кВт	Кпк, тис. грн	В%к, тис. грн	дРпк, кВт	дРпк, кВт	дР, кВт	Вт, тис. грн	З, тис. грн	Х	об'єм, 1	об'єм, 2	
16	43	1,28	0,24	249,381	16,6338	124,241	0,48	124,721	859,15	---	---	---	---	---	---
17	100	1,97	0,37	384,659	38,804	78,8932	0,66	78,5332	527,341	---	---	---	---	---	---
18	160	3,1	0,51	397,838	41,8844	46,4957	1,02	47,4707	238,283	---	---	---	---	---	---
19	220	4,2	0,74	335,881	45,8503	75,8884	1,48	27,3844	188,239	---	---	---	---	---	---
20	400	5,9	0,95	397,004	53,9928	14,2059	1,9	16,1059	110,946	---	---	---	---	---	---
21	V	630	8,5	1,31	417,428	58,7703	8,20399	2,62	10,8704	4,8814	131,652	V	+	+	+
22	1000	10,5	1,1	581,894	76,4733	4,64507	4,2	8,24007	56,5667	133,215	---	---	---	---	---
23	1600	16	1,6	680,625	93,621	2,70871	5,6	8,30879	57,2344	151,16	---	---	---	---	---
24	2500	23,6	3,85	832,89	113,287	1,44832	7,1	9,14832	63,0202	176,307	---	---	---	---	---
25	Об'єм. Потр. Трансформатора														
26	Вт=4														

Результати автоматизованого вибору потужності ТП

№ ТП	Марка ТП	Потужність, кВА	Кількість ТП	Доля нав. в п.а.	Вартість ТП, тис. грн
ТП-1	ТМ - 630	630	2	0,8	131,652
ТП-2	ТМ - 630	630	2	0,8	141,92
ТП-3	ТМ - 630	630	2	0,8	151,31

Розрахунок втрат потужності в цехових ТП

№ ТП	Сном_т, кВА	кт	дРпк, кВт	дРпк, кВт	Іхх, %	Іхк, %	Рр, кВт	Qр, кВтАр	Sp, кВА	дРтр, кВт	дРтр, кВтАр	дРтр, кВт	Р, кВт	Q, кВтАр	
2	1	630	2	1,31	8,5	2	5,5	678,35	557,07	877,77	10,87	58,832	59,828	689,22	615,9023
3	2	630	2	1,31	8,5	2	5,5	728,67	615,42	953,78	12,361	64,909	66,076	741,03	680,3303
4	3	630	2	1,31	8,5	2	5,5	824,26	598,01	1018,3	13,724	70,467	71,791	837,99	668,4773
5	Всього							2160,3	1699,4	36,956	194,21	197,69	2197,2	1893,629	

5

Визначення оптимального перерізу ліній живлення

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
1	Переріз дроту																					
2	Валові характеристики																					
3	Питома вага витрат, грн/кВт																					
4	Коефіцієнт ефективності капітальних витрат																					
5	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію																					
6	Нормальний режим																					
7	Максимально доп. коефіцієнт навантаження в режимі																					
8	Вартість, кВт																					
9	Довжина КЗ, км																					
10	Алгебра розрахунку потужності, кВт																					
11	Розрахунок потужності, кВт																					
12	Розрахунок витрат електроенергії, кВт																					
13	Довжина дроту, м																					
14	Довжина дроту, м																					
15	Довжина дроту, м																					
16	Аварійний режим																					
17	Середня КЗ на початку лінії, км																					
18	Протяжений час КЗ, с																					
19	Питома вага витрат, грн/кВт																					
20	Максимальний допустимий коефіцієнт навантаження																					
21	Доля навантаження в аварійному режимі																					
22	Допустима втрата потужності в КЗ, %																					
23																						
24																						
25																						
26																						
27	Р, кВт	Q, кВтАр	Іхх, %	Іхк, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %	Іср, %
28	10	3,1	0,122	75	11,2679241	18,0287588	21,4805	417,32	48,4738	10,30584	2874,738	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
29	16	1,84	0,113	80	1,68817099	11,48018768	11,21179	281,182	89,2174	14,85584	1799,03	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
30	25	1,24	0,099	132	1,45926212	1,45469309	44,69621	189,924	143,9424	21,48424	1149,892	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
31	35	0,89	0,092	140	1,41878883	1,446773897	18,38425	119,811	188,882	28,02284	821,2381	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
32	50	0,62	0,08	169	1,42074977	1,52279979	82,8593	82,4441	295,867	78,88058	374,9877	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
33	70	0,403	0,068	239	1,67946666	2,083751177	103,62725	84,2018	333,607	49,41058	379,716	423,4517	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
34	95	0,236	0,063	240	1,397169992	2,246981139	117,28479	49,89924	267,2471	85,08798	202,2112	281,3998	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
35	120	0,158	0,051	274	1,15241774	1,843399818	218,81753	34,7118	492,326	103,84884	239,2244	343,101	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
36	150	0,106	0,079	310	0,965186660	1,841706661	249,74292	27,7168	831,181	124,67722	181,033	315,709	---	---	---	---	---	---	---	---	---	V
37	180	0,087	0,071	353	0,820389812	1,212639284	349,33	23,4814	1117,88	167,8784	154,8648	322,243	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
38	240	0,126	0,079	383	0,889746814	1,08619404	499,023	17,2659	1468,84	299,2276	118,6202	319,871	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
39	кВт витрати																					
40	Вт																					
41	Об'єм. Потр. Трансформатора																					
42	Вт=4																					
43	Вт=4																					

Для зовнішньої лінії живлення ДП «45 експериментальний механічний завод» на основі виконаного розрахунку доцільно вибрати кабельну лінію з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПВЭБВ-10150 мм². Мінімальні значення приведених затрат, що залежить від КЗ, складають 315,709 тис. грн.

6

Визначення оптимальної потужності компенсуючих пристроїв

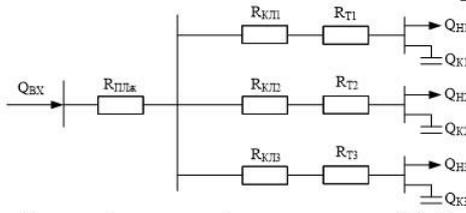


Схема заміщення мережі електропостачання ДП «45 експериментальний механічний завод»

№	ПК	Потужність активна, кВт	Додатковий лад	Резистивні втрати, кВт	Опор ТТ	Потужність реактивна, кВАр	Потужність повна, кВА	ПДР
13	Ж1	2,208	1327,00	0,668		1187,82,3		
14	ТТ1	0,62	393,00	411,865	2,342	2,509	417,089	99,964,1
15	ТТ2	0,62	119,00	480,330	2,342	2,215	415,081	99,980,24
16	ТТ3	0,62	137,00	648,477	2,342	2,207	444,451	99,981,19
17	ТТ4			1984,118			1318,421	99,955254

Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень

$$\mathcal{Z}(q_{k1}, q_{k2}, q_{k3}) := \frac{B_0}{U^2 \cdot 1000} \left[(q_{k1} - q_{k1})^2 \left(\frac{r_{T1} + r_{N1}}{2} \right) + (q_{k2} - q_{k2})^2 \left(\frac{r_{T2} + r_{N2}}{2} \right) + (q_{k3} - q_{k3})^2 \left(\frac{r_{T3} + r_{N3}}{2} \right) + (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3} - q_{k1} - q_{k2} - q_{k3})^2 \cdot \frac{5k}{2} + [E_0 + E_1] \cdot B_{k0} + B_0 \cdot \Delta P_k \right] (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3})$$

Given

обмеження

$$q_{k1} \geq 0 \quad q_{k2} \geq 0 \quad q_{k3} \geq 0$$

$$(q_{k1} + q_{k2} + q_{k3}) - (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3}) = q_{вк}$$

Визначаємо оптимальне проектне рішення:

$$q_{к} := \text{Minimize}(\mathcal{Z}, q_{k1}, q_{k2}, q_{k3}) = \begin{pmatrix} 417,125 \\ 455,085 \\ 444,389 \end{pmatrix}$$

Річні приведені затрати, грн

$$\mathcal{Z}(q_{k1}, q_{k2}, q_{k3}) = 5,396 \times 10^6$$

Перевірка, квар

$$(q_{k1} + q_{k2} + q_{k3}) - (q_{k1} + q_{k2} + q_{k3}) = 648,001 \quad q_{вк} = 648$$

Визначаємо потужності БК у вказаних навантаженнях, квар

$$q_{кУ} := \frac{q_{к}}{2} = \begin{pmatrix} 208,563 \\ 227,542 \\ 222,195 \end{pmatrix}$$

На ДП «45 експериментальний механічний завод» доцільно встановити автоматично регульовані конденсаторні установки УКР-0,4 наступних номінальних потужностей: ЦТП 1: 2 КУ типу УКР 0,4-200/50; ЦТП 2: 2 КУ типу УКР 0,4-225/25; ЦТП 3: 2 КУ типу УКР 0,4-225/25.

Створення бази даних по енергозбереженню

Пропонується створення універсальної інформаційної бази даних (БД) енергозбереження, яка сприятиме легкому вирішенню впровадження заходів по економії електроенергії на підприємстві.

Вигляд головного меню бази даних

Вибір необхідного розділу у БД

Вхідні дані для розрахунку		Дані про ТП			
1 Маршрут, кВт	30	ТП1	ТП2	ТП3	ТП4
2		М	2	2	2
3		М	630	630	630
4		М	349	549	629
5		М	465	465	465
6		М	300	300	300
7		М	1100	1100	1100
8		М	450	450	450
9		М	530	530	530
10		М	465	465	465
11		М	465	465	465
12		М	2400	2400	2400
13		М	247	247	247
14		М	452	452	452
15		М	530	530	530
16		М	465	465	465
17		М	465	465	465
18		М	788	788	788
19		М	200	200	200

Вигляд інтерфейсу розрахунку балансової задачі КРП

Вхідні дані		Найближча стандартна квар		квар БСК
1	Активна потужність, споживач «П»	61,73	50	УКР 0,4-200/50
2	Коефіцієнт потужності двох споживачів	0,79		
3	Активна потужність, споживач «П»	61,73	50	УКР 0,4-200/50
4	Коефіцієнт потужності двох споживачів	0,79		
5	Активна потужність, споживач «П»	61,73	50	УКР 0,4-200/50
6	Коефіцієнт потужності двох споживачів	0,79		

Вигляд інтерфейсу розрахунку індивідуальної КРП

База даних енергозбереження дозволяє:

1. Рационально зберігати, нарощувати інформацію з енергозбереження не змінюючи структури бази;
2. Оперативно формувати заходи з економії електроенергії для підприємства;
3. Виконувати обробку та аналіз інформації з енергетичних об'єктів, що містяться в БД;
4. Реалізацію технологій обробки та аналізу інформації, підтримки прийняття управлінських рішень з електроспоживання.

Економічна частина роботи

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 376 коп/кВт·год.

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	7809503,573	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	7939929,77	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	27789754,195	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_n	1594294,55	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	29384048,75	грн
Собівартість електроенергії	S	376	коп/кВт·год

11

ВИСНОВОК

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було виконано дослідження щодо підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «45 експериментальний механічний завод», місто Вінниця. Проведені наукові дослідження дозволили отримати наступні основні результати та висновки.

Проведено розрахунок середніх та розрахункових навантажень цехів і підприємства методом коефіцієнтів використання та попиту. Розраховано оптимальну кількість, потужність та місце розташування цехових трансформаторних підстанцій, а саме було вибрано три двотрансформаторні ЦТП, марки ТМ – 630/10. Для живлення підприємства було розраховано та обрано оптимальний переріз зовнішньої лінії живлення 10 кВ, яка виконана за допомогою кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці марки АПвЭБВ-10 3x150 мм². Оптимальний переріз кабельних ліній 10 кВ заводської мережі виконаний АПвЭБВ-10 рівний 70 мм². Здійснено розрахунок координат розміщення ЦРП, який є економічно оптимальним. Проведено розрахунок оптимальної потужності БСК, які встановлюються на стороні низької напруги трансформаторних підстанцій.

В роботі було створено систему керування базами даних енергозбереження. Були наведені вихідні дані необхідні для розробки. Показано алгоритм та принцип роботи СКБД, що розроблялась. Було розроблено вигляд та принцип роботи головного меню СКБД по енергозбереженню на робочому листі Excel. Інтерфейс системи керування має зручну форму та є простим у використанні. Все що необхідно для того, щоб переходити до наступного кроку алгоритму СКБД – натискати необхідну комірку робочого листа Excel. Також було показано приклад роботи розрахункового блоку (етапу) СКБД на виконанні розрахунку балансової задачі КРП та розрахунку індивідуальної компенсації реактивної потужності. Використання даної СКБД гарантує для всіх користувачів простоту і надійність доступу до відомостей з енергозбереження та можливість їх реалізації.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії для заводу складає 376 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце на підприємстві ДП «45 експериментальний механічний завод», та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

12