

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

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

_____магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Оптимізація системи електропостачання Товариства з обмеженою
відповідальністю «САРМАТ»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-19м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____Рядно А.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2021 року

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ___ ” _____ 2020 року

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

Рядну Артуру Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «САРМАТ»

керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

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

затверджені наказом ВНТУ від “ ___ ” _____ 2020 року № _____

2. Термін подання студентом роботи “ ___ ” _____ 2021 року

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика підприємства та напрямки досягнення оптимізації електропостачання. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. Оптимізація системи електропостачання на підприємстві. Економічна частина. 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., доцент		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., д.пед.н., професор		
Нормконтроль	Войтюк Ю. П., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та напрями досягнення оптимізації електропостачання		
2	Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання		
3	Оптимізація електропостачання на підприємстві		
4	Економічна частина		
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
6	Графічна частина		

Студент _____
(підпис)

Рядно А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Шулле Ю.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ABSTRACT	7
ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА НАПРЯМИ ДОСЯГНЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.....	10
1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства	10
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	11
1.3 Основні напрямки енергозбереження на підприємствах.....	12
2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	17
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	17
2.2 Оптимізація кількості, потужності та місця розташування цехових ТП	19
2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення.....	25
2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП.....	26
2.5 Розрахунок потужності конденсаторних батарей	30
2.6 Релейний захист та автоматика	32
3 ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ	39
3.1 Аналіз та характеристики автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії	39
3.2 Розробка та впровадження автоматичної системи комерційного обліку електроенергії на підприємстві	41
3.3 Використання АСКОЕ для оптимізації графіка споживання навантаження підприємством	45
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	53
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	53
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	55
4.3 Розрахунок поточних витрат	57
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	57
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	59

4.3.3	Планування вартості матеріалів, що витрачаються	62
4.3.4	Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	62
4.4	Розрахунок собівартості електроенергії	64
4.4.1	Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	64
4.4.2	Розрахунок собівартості електроенергії.....	67
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	69
5.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	70
5.1.1	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	70
5.1.2	Електробезпека.....	72
5.2	Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	75
5.2.1	Мікроклімат	75
5.2.2	Виробниче освітлення	76
5.2.3	Виробничий шум.....	78
5.2.4	Виробничі вібрації	7
5.2.5	Психофізіологічні фактори	80
5.3	Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «САРМАТ» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	82
5.3.1	Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Сармат» в умовах дії іонізуючих випромінювань	83
5.3.2	Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Сармат» в умовах дії електромагнітного імпульсу	84
	ВИСНОВКИ.....	88
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
	Додаток А – Технічне завдання	
	Додаток Б – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами	
	Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства	
	Додаток Г – Основні напрямки енергозбереження на підприємствах	
	Додаток Д – Основні техніко економічні показники системи електропостачання	

Додаток Є – Розробка та впровадження автоматичної системи комерційного обліку електроенергії на підприємстві

Додаток Ж – Значення параметрів режиму електроспоживання

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Рядно Артур Олександрович. Оптимізація системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «САРМАТ». МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2021 - 93 с.

В даній магістерській роботі було розглянуто питання щодо оптимізації системи електропостачання ТОВ «САРМАТ».

Реальний матеріал та дані зібрані для виконання магістерської кваліфікаційної роботи були отримані під час проходження практики на підприємстві.

В магістерській роботі були виконані розробки щодо оптимального виду та кількості електрообладнання, вимірювальних, а також захисних приладів.

В науково-дослідній частині роботи проведені розрахунки щодо підвищення енергоефективності на підприємстві через впровадження автоматичної системи комерційного обліку електроенергії.

Здійснено визначення техніко-економічних показників системи електропостачання підприємства.

Проведено аналіз щодо питань охорони праці, а також безпеки в надзвичайних ситуаціях для підприємства «САРМАТ».

Ключові слова: АСКОЕ, електроенергію, система електропостачання, трансформаторна підстанція.

Рисунків - 27

Таблиць - 26

Бібліографій – 39

ABSTRACT

Ryadno Artur Oleksandrovich. Optimization of the power supply system of the Sarmat limited liability company. MKR. Specialty 141-vinnytsia: VNTU, FEEYEM, department of ESSAYS, 2021-93 p.

In the master's qualification work was considered about Sarmat LLC's power supply system issues optimizing.

The real material and data collected for the master's qualification work were obtained during the internship at the enterprise.

It was approached the master's qualification work the optimal type and quantity of electrical equipment, measuring and protective devices.

In the research part of the work, were made the calculations to improve energy efficiency at the enterprise through the introduction of an automatic commercial electricity metering system.

Technical and economic indicators of the enterprise's power supply system were determined.

It was carried out an analysis on the issues of labor protection, as well as safety in emergency situations for the Sarmat enterprise.

Keywords: ASKUE, electricity, power supply system, transformer substation.

Figures - 27

Tables-26

Bibliographies-39

ВСТУП

Актуальність теми. Найбільш сприятливе функціонування підприємства в значній мірі залежить від правильного вибору та підключення системи електропостачання обраного підприємства. Таким чином, актуальним є обґрунтування підбору раціональних систем живлення, сучасного електричного обладнання, провідниково-кабельної продукції, підвищення стабільних параметрів електропостачання, поліпшення використання наявних електричних мереж, скорочення втрат активної складової енергії, індустріалізація та уніфікація зведення нових об'єктів.

Основним принципом роботи системи контролю електроенергії вважається збір інформації про споживачів енергії, власне, що формується в даній системі, по потужності й напрузі. Система АСКОЕ опрацьовує отримані дані і на їх базі доставляє результат у формі звіту. У відповідному порядку система виконує аналіз роботи і прогнозування реальних ситуацій на наступні періоди. Провідною задачею є розрахунок фінансових параметрів і отримання вартості за витрачену електроенергію. Обсяг даних зібраних системою АСКОЕ надає змогу покращити ефективність системи електроспоживання.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є оптимізація системи електропостачання ТОВ «САРМАТ».

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати аналіз системи електропостачання діючого підприємства на основі існуючих способів розрахунку, при даних умовах здійснити розрахунки зовнішньої та внутрішньої електромережі, електричних навантажень, реалізувати вибір електричного обладнання і вирахувати місце установки трансформаторної підстанції, розрахувати компенсацію реактивної потужності.

Об'єкт дослідження: система електропостачання підприємства ТОВ «САРМАТ».

Предмет дослідження: адаптація автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії до діючої системи електропостачання ТОВ «САРМАТ».

Методи досліджень. У магістерській роботі використано закони електротехніки, основні принципи впровадження АСКОЕ, спрощені методи синтезу сучасних систем електропостачання.

Наукова новизна. Запропонований практичний метод вбудови автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії у діючу систему електропостачання ТОВ «САРМАТ», а також визначено оптимальні параметри елементів системи електропостачання ТОВ «САРМАТ».

Практична цінність. Розроблена автоматизована система комерційного обліку електроенергії дозволить в режимі реального часу відстежувати споживання електричної енергії ТОВ «САРМАТ» та вживати необхідні дії по змінах в технологічному процесі, що суттєво вплине на економію електричної енергії. Даний підхід може бути реалізований на будь-якому іншому підприємстві.

Апробація матеріалів роботи. Ключові теоретичні засади й найбільш важливі практичні підсумки роботи були апробовані на науково-технічній конференції ВНТУ в 2019 р. За підсумками опубліковані тези доповідей [39].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ТА НАПРЯМИ ДОСЯГНЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства

У наданій роботі була проведена оптимізація системи електропостачання ТОВ «САРМАТ». У теперішній час ТОВ «САРМАТ» займається створенням атракціонів і продуктів загальнонародного вживання таких як: пластмасова тара, теплові лічильники, пломба пластмасова, пляшка з поліетилену та інші.

Всі технологічні операції виконуються в чіткому узгодженому графіку технічного процесу. Всі цехи підприємства, продукція яких йде на основне виготовлення, пов'язані між собою одним технологічним процесом.

Споживачі підприємства відносяться до II і III категорії надійності електропостачання [1]. До II категорії належать: корпус 1; виробничо-побутовий корпус; адміністративний корпус; енергокорпус – електроприймачі, тимчасові перерви електропостачання яких спричиняють масове недовиробництво продукції, численні простої робітників, пристроїв і промислового автотранспорту. В наслідок цього рекомендовано забезпечувати живлення від 2-ох незалежних взаємно резервуючих джерел електропостачання. При пошкодженні електропостачання від одного джерела електроенергії можуть бути допустимі перерви електропостачання на час, необхідний для підключення запасного живлення.

До III категорії відносяться: склад ОМТС; склад ОКСА; ПТО автомобілів; ангар; їдальня; КПП; склад імпортованих частин – електроприймачі, живлення яких проводиться від одного джерела живлення за умови, що перерва електропостачання, потрібна для відновлення роботи або ж заміни пошкоджених елементів системи електропостачання, яка не перевищує однієї доби.

Механічний цех вважається ключовим в технологічному процесі, який виготовляє провідну продукцію. Потрібні матеріали, листовий метал, провідникові складові і всілякі потрібні радіодеталі надходять в механічний цех. З допомогою пресів, токарних і свердлильних верстатів виробляють корпуси атракціонів. Згодом випущена продукція підлягає перевірці та налагодженню. Після налагодження

відбувається державне регулювання, яке здійснюється в узгодженні з діючим законодавством держави, продукція демонтується і відправляється на склад готової продукції для подальшого використання.

Фрезерний відділ працює для обробки плоских і фасонних поверхонь, зубчастих коліс і т.п. залізних та інших заготовок.

Шліфувальний відділ працює для шліфування матеріалів, а саме для обробки всіляких поверхонь; для обробки матеріалу, що має вісь обертання по поверхні; для обробки внутрішніх отворів заготовок; для обробки зовнішніх площин тіл обертання, що мають велику відносно з діаметром довжину, або ж заготовок на подібні кільця.

Токарний цех працює для обробки різанням (точінням) по металу, дереву та інших матеріалів.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

ТОВ «САРМАТ» відноситься до споживачів II та III категорії надійності електропостачання [5]. Генеральний план підприємства зображений на рисунку 1.1, відомості про електричне навантаження підприємства наведено в таблиці 1.1.

Відстань від підприємства до точки забезпечення потужності енергосистеми 1,3 км.

Потужність короткого замикання на стороні 10 кВ живлячої підстанції $S_{кз}=50$ МВА.

Вхідна реактивна потужність становить $Q_{вх}=293$ квар.

Тариф за споживання активної електроенергії $t=2,34775$ грн/кВт·год.

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

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

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження підприємства

№	Назва	P_n , кВт
1	Корпус №1	780
2	Виробничо-побутовий корпус 2	364
3	Лабораторний корпус №3	440
4	Виробничий корпус №4	352

Продовження таблиці 1.1

№	Назва	$P_{н}, \text{кВт}$
5	Склад ОКСА	8
6	ПТО автомобілів	16
7	Їдальня	28
8	КПП	16,8
9	Ангар	12
10	Склад імпортих частин	12
11	Склад ОМТС	8
12	Адміністративний корпус	68

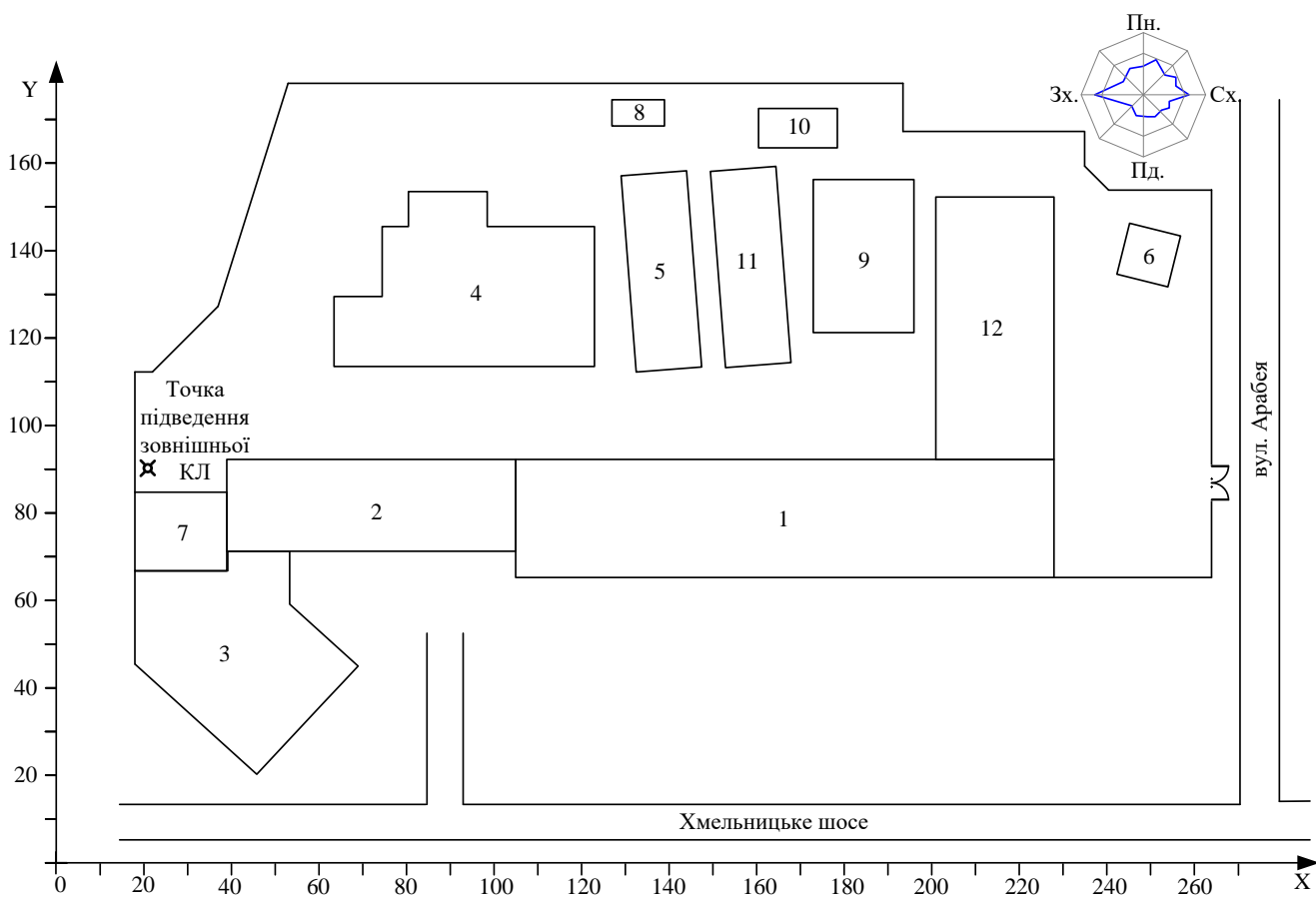


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

1.3 Основні напрямки енергозбереження на підприємствах

Можна відзначити наступні напрямки економії електроенергії на підприємствах:

- економія електроенергії методами компенсації реактивної потужності;
- енергозбереження засобами електроприводу;

- економія електроенергії зменшенням її втрат;
- економія електроенергії при експлуатації електрообладнання.



Рисунок 1.2 - Напрямки енергозбереження на підприємствах

Для впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві ТОВ «САРМАТ» потрібно створити та ввести систему обліку електроенергії з використанням новітніх електричних лічильників і комп'ютерної техніки, так звані центри обліку енергії (ЦОЕ), для створення часових діаграм використання електроенергії, що дозволить оцінити динаміку роботи оснащення, практично відразу втручатися в технологічний процес для оптимальної роботи СЕП й робити рекомендації з економічної точки зору стосовно витрат на оплату електроенергії. Існуючий комерційний облік контролює в цілому використання електроенергії, а всі внутрішні витрати та втрати контролюються епізодично. В майбутньому до системи обліку електроенергії потрібно долучити систему обліку для водопостачання та водовідведення.

Сьогоднішній енергоменеджмент для свого вдалого існування і розвитку зобов'язаний містити в собі:

- системи обліку та аналізу енергоспоживання;
- технологічні енергогенеруючі або ж енерговитратні об'єкти, мережі або ж енергокомплекси, де було б можливо реалізувати оптимізацію електроспоживання і теплоспоживання та втілювати політику енергозбереження підприємства;
- відмінно підготовлений персонал, який вміє практично відразу реагувати на динаміку зміни споживання енергії і здатний втілити оперативне й стратегічне планування;
- новітню науково-технологічну інформацію в сфері своєї діяльності, а також у конкурентних організаціях.

Разом з тим для реалізації системи енергетичного менеджменту має бути сформована схильність до цього, яка полягає в жорсткій впевненості щодо потреби контролю і управління енергоспоживання підприємства, а ще усвідомлення і прагнення впровадження енергетичного менеджменту [10].

Систему енергоменеджменту доцільно втілити в життя поетапно. На початковому етапі організації енергетичного менеджменту підприємство потребує створення карти енергоспоживання і оптимізації його при наявних технологічних процесах та системах енергозабезпечення.

Перший етап - спостереження енергоспоживання з підтримкою системи обліку. Сюди ж належить реєстрація базисної частини енергоспоживання на основі паливно-енергетичних балансів, перевищення якого неможливо допускати.

Другий етап - розбір фактичного енергоспоживання.

Третій етап - розробка заходів по зниженню ймовірного енергоспоживання і витрат на енергоресурси. Ці заходи виконуються спільно з енергосевісними компаніями, технологіями та енергослужбами.

Четвертий етап - запуск запланованих заходів.

Впровадження енергетичного менеджменту на ТОВ «САРМАТ» допоможе отримати більш доскональну картину споживання енергії, дозволить здійснити

зіставлення значень споживання зі споживанням енергії на інших підприємствах для чіткої оцінки планів економії енергії.

Великим плюсом системи енергетичного менеджменту є можливість і зобов'язання підприємства постійного вдосконалення даної системи. Не можна ввести систему ЕМ і не пам'ятати про неї, вірячи, власне, що вона стане автономно працювати і приносити позитивні результати. Організація повинна завжди цілеспрямовано поліпшувати всі нюанси власної роботи, пов'язані з енергією; постійно покращувати ефективність системи енергетичного менеджменту.

Більш точна інформація по кожному заходу подана в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Заходи по енергозбереженню промислового підприємства

Захід	До	Після	Ефект
Встановлення лічильників у всіх підрозділах	Єдиний лічильник – визначає споживання енергії різними приміщеннями	Лічильник для кожного приміщення	Знання динаміки енергоспоживання кожного цеху для контролю і зменшення затрат на енергетичні ресурси
Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі	На підприємстві близько 18% ламп розжарювання	Всі лампи замінені на енергозберігаючі	Економія електричної енергії
Установка різних датчиків для включення світла в приміщеннях	Відсутність датчиків включення та відключення світла	Установка різних датчиків для включення світла в приміщеннях – датчиків шуму, датчиків руху	Оптимізація освітлення
Облицювання зовнішніх стін, перекриттів	Високий рівень зносу приміщень, великі тепловтрати	Застосування теплозахисних штукатурок	Зниження тепловтрат до 40%
Заміна на сучасні вікна	Сучасні склопакети встановлені тільки адміністративних приміщеннях	Застосування сучасних вікон з багатокамерними склопакетами	Підвищення теплового опору
Установка сучасних дверей в цехах	Несучасні двері в цехах, двері завжди відчинені	Установка сучасних дверей	Зниження енерговитрат
Установка термостатів та регуляторів температури	Відсутні регулятори температури	Установлені термостати та регулятори температури	Підвищення енергоефективності системи опалення

Продовження таблиці 1.2 - Заходи по енергозбереженню промислового підприємства

Захід	До	Після	Ефект
Установка тепловідбивних екранів за регуляторами опалення	Високі тепловтрати	Установлені тепловідбивні екрани за радіаторами опалення	1-3% економії електричної енергії
Установка лічильника гарячої та холодної води у всіх приміщеннях	Відсутність лічильників гарячої та холодної води в кожному приміщенні	Наявність лічильника гарячої та холодної води	Покращення контролю споживання води
Впровадження системи енергетичного менеджменту - системи керування технологічним забезпеченням	Неефективне управління ресурсами. Відсутність програми по підвищенню енергоефективності. Слабкий зворотній зв'язок.	Впровадження ефективної системи управління. Покращення документообігу, контролю , аналізу зі сторони керівництва	Оптимізація процесу енергоспоживання завдяки підвищенні ефективності управління технологічним забезпеченням енергозбереження
Назначення відповідального лиця – замісника директора по енергоменеджменту	Відсутність відповідальних за енергозбереження	Призначено відповідального за контроль енергоспоживання підприємством	Зниження енергоспоживання за рахунок підвищення ефективності управління
Навчання та підвищення кваліфікації персоналу	Персонал не компетентний питаннях ефективності енерговикористання	Щорічне навчання і підвищення кваліфікації персоналу	Підвищення енергоефективності і зниження втрат енергії завдяки підвищені компетентності персоналу

Висновки: у даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розбір характеристик електропостачання ТОВ «САРМАТ». Наведено відомості про електричні навантаження підприємства. Проведено аналіз загальних рекомендацій щодо заощадження енергії на промисловому підприємстві.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Побудуємо математичну модель для розрахунку силових і освітлювальних навантажень методом коефіцієнтів використання k_v та попиту k_n [12].

На основі представлених далі формул, зробимо підрахунки навантажень цехів і підприємства. Підсумки всіх розрахунків занесемо в табличну форму, яка представлена на рисунку 2.1.

Розрахунок активної потужності освітлення:

$$P_{po} = F \cdot k_{по} \cdot k_{пра} \cdot P_{пито}. \quad (2.1)$$

Коефіцієнт реактивної потужності:

$$tg(\varphi) = tg(\arccos(\varphi)). \quad (2.2)$$

Розрахунок реактивної потужності освітлення:

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

де $tg(\varphi)$ - це коефіцієнт реактивної потужності освітлення.

Середня потужність реактивна:

$$Q_c = k_v \cdot P_n \cdot tg(\varphi) + Q_{po}. \quad (2.4)$$

Середня потужність активна:

$$P_c = k_v \cdot P_n + P_{po}. \quad (2.5)$$

Середня потужність повна:

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

Середній струм:

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

Розрахункова активна потужність:

$$P_p = k_n \cdot P_n + P_{po}. \quad (2.8)$$

Розрахункова реактивна потужність:

$$Q_p = k_n \cdot P_n \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + Q_{po}. \quad (2.9)$$

Розрахункова повна потужність:

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

Розрахунковий струм:

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

Питома густина навантажень:

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

Сумарна середня реактивна потужність:

$$Q_{c\Sigma} = \sum_1^N Q_c. \quad (2.13)$$

Сумарна середня активна потужність:

$$P_{c\Sigma} = \sum_1^N P_c, \quad (2.14)$$

де N – кількість цехів.

Сумарна середня повна потужність:

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

Сумарна розрахункова активна потужність освітлення:

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

Сумарна розрахункова реактивна потужність освітлення:

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

Сумарна розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N P_n \cdot K_n \cdot tg + Q_{po\Sigma}. \quad (2.18)$$

Сумарна розрахункова активна потужність:

$$P_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N k_n \cdot P_n + P_{po\Sigma}. \quad (2.19)$$

Сумарна розрахункова повна потужність:

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

Сумарна питома густина навантажень:

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

Надана таблична форма (рисунку 2.1) здійснює розрахунок середніх, а ще розрахункових навантажень цехів і підприємства в цілому [12]. Для підприємства значення середньої потужності становить $S_{e\Sigma}=1183,35$ кВА, значення розрахункової потужності, з урахуванням коефіцієнта одночасності, стало $S_{p\Sigma}=1223,11$ кВА.

2.2 Оптимізація кількості, потужності та місця розташування цехових ТП

У момент вибору цехових трансформаторних підстанцій (ЦТП) потрібно дотримуватися наступних умов [12]:

- ознакою ефективності вибору трансформаторів ЦТП мають бути приведені річні затрати;
- кількість стандартизованих потужностей трансформаторів ЦТП на підприємстві не мусить перевищувати дві (максимум три);

Створюємо математичну модель вибору ЦТП в якій керованими змінними стануть потужності ЦТП.

Множина допустимих значень буде в діапазоні всіх стандартних потужностей трансформаторів

Орієнтиром для вибору потужності і кількості цехових ТП вважається питома густина навантаження по підприємства.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	
№	Цех	Pн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Длоша, м ²	Клп0	Pмпг, Вт/м ²	Клпра	tg0	Qтп0, квар	Pр0, кВт	Середні нав-ня			Розрах. нав-ня			Ко=	р0, кВА/м ²	
														Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА			Рр, кВт
1																						
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
4	1 Корпус №1	780	0,7	1,02	0,2	0,18	3321	0,95	0,018	1,2	0,48	32,71	68,15	208,55	175,95	272,85	224,15	191,86	295,05	448,28	0,09	
5	2 Виробничо-побутовий корпус 2	364	0,75	0,88	0,45	0,4	1386	0,95	0,018	1,2	0,48	13,65	28,44	174,04	142,06	224,66	192,24	158,11	248,91	378,18	0,18	
6	3 Лабораторний корпус №3	440	0,8	0,75	0,5	0,46	1569	0,95	0,017	1,2	0,48	14,60	30,41	232,81	166,40	286,16	250,41	179,60	308,15	468,19	0,20	
7	4 Виробничий корпус №4	352	0,8	0,75	0,5	0,47	1872	0,95	0,018	1,2	0,48	18,44	38,41	203,85	142,52	248,73	214,41	150,44	261,93	397,95	0,14	
8	5 Склад ОКСА	8	0,8	0,75	0,45	0,42	675	0,8	0,016	1,1	0,48	4,56	9,50	12,86	7,08	14,68	13,10	7,26	14,98	22,76	0,02	
9	6 ПТО автомобілів	16	0,7	1,02	0,3	0,27	144	0,8	0,016	1,1	0,48	0,97	2,03	6,35	5,38	8,32	6,83	5,87	9,00	13,68	0,06	
10	7 Дзальня	28	0,7	1,02	0,35	0,31	378	0,8	0,018	1,2	0,48	3,14	6,53	15,21	11,99	19,37	16,33	13,13	20,96	31,84	0,06	
11	8 КПП	16,8	0,75	0,88	0,3	0,26	72	0,8	0,016	1,2	0,48	0,53	1,11	5,47	4,38	7,01	6,15	4,98	7,91	12,01	0,11	
12	9 Ангар	12	0,85	0,62	0,35	0,31	805	0,9	0,016	1,1	0,48	6,12	12,75	16,47	8,43	18,50	16,95	8,72	19,06	28,97	0,02	
13	10 Склад імпортих частин	12	0,75	0,88	0,5	0,46	162	0,8	0,016	1,1	0,48	1,09	2,28	7,80	5,96	9,82	8,28	6,39	10,46	15,89	0,06	
14	11 Склад ОМТС	8	0,7	1,02	0,3	0,27	675	0,8	0,016	1,1	0,48	4,56	9,50	11,66	6,77	13,48	11,90	7,01	13,81	20,99	0,02	
15	12 Адміністративний корпус	68	0,7	1,02	0,3	0,26	1620	0,9	0,019	1,2	0,48	15,96	33,24	50,92	33,99	61,23	53,64	36,77	65,03	98,81	0,04	
16	Всього по підприємству	2105					12679					116,33	242,36	946,00	710,90	1183,35	975,79	737,45	1223,11	1858,32	0,10	

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження підприємства

Беручи до уваги те, що підприємство відноситься до II категорії по електропостачанню, підключення необхідно виконувати двотрансформаторними підстанціями.

Вибір потужності здійснюємо автоматично. Дана проблема вирішується як оптимізаційна. В кінцевому результаті підберемо відповідно оптимальну потужність трансформаторів ЦТП підприємства за мінімальними витратами на їх установку та експлуатацію.

Чисельність трансформаторів ЦТП повина відповідати категорії надійності споживача по ПУЕ [1]. Підібрані потужності трансформаторів повинні бути допустимими в звичайному та після аварійному режимі роботи виходячи з задачі, власне що при виході з ладу одного трансформатора двотрансформаторної ЦТП – інший зобов'язаний витримувати розрахункове навантаження споживачів I і II категорії цеху.

Беручи до уваги особливості навантаження підприємства розподілимо навантаження між ТП так, як це зображено на малюнку 2.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність Pr, кВт	Розрахункова реактивна потужність Qr, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Ps, кВт	Середня реактивна потужність Qs, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
1									
2	ТП1	2	Виробничо-побутовий корпус 2	192,241	158,110	248,908	174,041	142,059	224,657
3		3	Лабораторний корпус №3	250,407	179,595	308,153	232,807	166,395	286,158
4		7	Їдальня	16,332	13,133	20,957	15,212	11,991	19,369
5			Всього по ТП1	458,980	350,838	577,711	422,060	320,445	529,924
6	ТП2	1	Корпус №1	224,147	191,862	295,047	208,547	175,947	272,854
7		4	Виробничий корпус №4	214,413	150,438	261,925	203,853	142,518	248,732
8		5	Склад ОКСА	13,104	7,262	14,982	12,864	7,082	14,685
9		6	ПТО автомобілів	6,828	5,870	9,004	6,348	5,380	8,321
10		8	КПП	6,146	4,976	7,908	5,474	4,383	7,012
11		9	Ангар	16,951	8,724	19,064	16,471	8,426	18,501
12		10	Склад імпортованих частин	8,281	6,386	10,458	7,801	5,963	9,819
13		11	Склад ОМТС	11,904	7,010	13,815	11,664	6,766	13,484
14		12	Адміністративний корпус	53,642	36,769	65,034	50,922	33,994	61,226
15			Всього по ТП2	555,416	419,297	695,915	523,944	390,459	653,434

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між ЦТП

Для розв'язку поставленої задачі вибору трансформаторів з поміччю електричного процесора EXCEL потрібно володіти наступними даними:

1) стандартний коефіцієнт ефективності капіталовкладень в ТП - візьмемо зі загальної бази даних $E_e=0,1$;

2) коефіцієнт навантаження в нормальному режимі розрахуємо в такій послідовності:

- відповідно до таблиці G1 ГОСТ 14209-97 годовна температура для Вінницького регіону де знаходиться підприємство становить $\theta=10,7^{\circ}\text{C}$;

- відповідно до таблиці 3, знайдемо поправку на температуру охолоджуючого середовища для трансформаторів з внутрішньою установкою $\Delta\theta=6^{\circ}\text{C}$;

- знаходимо розрахунок ефективної температури $\theta_e = \theta + \Delta\theta = 10,7 + 6 = 16,7^{\circ}\text{C}$;

- з таблиці 6 знаходимо коефіцієнт навантаження в нормальному режимі $k_n=1$.

3) коефіцієнт відрахувань на амортизацію в ТП – візьмемо зі загальної бази даних $E_a=0,066$ (рисунок 1.2);

4) коефіцієнт навантаження в після аварійному режимі;

Максимально ймовірна температура під час після аварійного режиму починається з літа і для Вінницької області $\approx 30^{\circ}\text{C}$;

Відповідно до таблиці H1 ГОСТ 14209-97 для розподільних трансформаторів типу ONAN коефіцієнт навантаження в після аварійному режимі $k_{па}=1,3$ [2].

5) після аварійному режимі, дозволяться відключити 20% навантаження, тому частина навантаження у після аварійному режимі становить 80% - відповідно коефіцієнт $k_{ппа}=0,8$.

Таким образом, маючи потрібні дані, можна перейти до створення моделі математичної вибору потужності цехових ТП, де змінною буде виступати потужність ТП - S_T , а показником продуктивності – річні наведені витрати Z в ТП.

$$Z(S_T) = B_{TP}(S_{TP}) + B_B(S_{TP}), \quad (2.22)$$

де $B_{TP}(S_{TP})$ - щорічна приведена вартість капіталовкладень;

$B_B(S_{TP})$ - вартість щорічних втрат електроенергії.

$$B_{TP}(S_{TP}) = (E_a + E_e) \cdot k_{TP}(S_T, k_T), \quad (2.23)$$

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

$$B_B(S_T) = [\Delta P_{XX}(S_T) + \Delta P_{K3}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.24)$$

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

$\Delta P_{K3}(S_T)$ – активні втрати короткого замикання в трансформаторі потужністю S_T ;

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора;

B_0 - питома вартість втрат електроенергії.

Ефективність капіталовкладень визначається:

$$Z(S_T) = (E_a + E_c) \cdot k_{ТП}(S_T, k_T) + [\Delta P_{XX}(S_T) + \Delta P_{K3}(S_T) \cdot k_3^2] \cdot k_T \cdot B_0 \quad (2.25)$$

Аспектом оптимальності в заданій задачі вважається мінімальна кількість щорічних приведених затрат.

Запишемо обмеження, які накладаються на керовану змінну:

$$S_m \cdot k_m \cdot k_n \geq S_{ТП} \quad (2.26)$$

$$k_m > 1 \Rightarrow S_m \cdot k_{па} \geq S_{ТП} \cdot k_{ппа} \quad (2.27)$$

Втрати потужності в цехових ТП та трансформаторі обраховуються за такими формулами:

Втрати активної потужності:

$$\Delta P_{тр} = n \cdot \Delta P_{XX} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{K3} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2 \quad (2.28)$$

Втрати реактивної потужності:

$$\Delta Q_{тр} = n \cdot \frac{I_{XX}}{100} \cdot \frac{1}{n} \cdot \frac{U_{K3}}{100} \cdot \left(\frac{S_p}{S_{ном.тр}} \right)^2 \quad (2.29)$$

На рисунку 2.3, 2.4 показані табличні конфігурація, в яких автоматизований процес вибору допустимої потужності цехової ТП відповідно математичної моделі, яка зображена вище.

За підсумками виконаного розрахунку обираємо для ЦТП 1,2 комплектні ТП з трансформаторами 2x630 кВА.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат															
2	Дані нормального режиму															
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	577,711				
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	529,924				
5	Кількість трансформаторів										kt=	2				
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
7	Дані післяаварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3				
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8				
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втраг, грн/кВт										Bo=	4620,75				
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1				
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	215,505	29,3087	53,8171	0,48	54,2971	250,893	---	---	---	---	---	
17		100	1,97	0,33	228,848	31,1233	32,8744	0,66	33,5344	154,954	---	---	---	---	---	
18		160	3,1	0,51	246,263	33,4917	20,2075	1,02	21,2275	98,0871	---	---	---	---	---	
19		250	4,2	0,74	268,785	36,5548	11,214	1,48	12,694	58,6558	---	---	---	---	---	
20		400	5,9	0,95	322,605	43,8743	6,15351	1,9	8,05351	37,2133	81,0876		+	+	+	
21	V	630	8,5	1,31	358,943	48,8162	3,57379	2,62	6,19379	28,62	77,4361	V	+	+	+	
22		1000	10,5	2,1	423,518	57,5984	1,75219	4,2	5,95219	27,5036	85,102		+	+	+	
23		1600	18	2,8	526,5	71,604	1,17334	5,6	6,77334	31,2979	102,902		+	+	+	
24		2500	23,5	3,85	602,393	81,9254	0,62745	7,7	8,32745	38,4791	120,404		+	+	+	
25										Zмін=	77,4361					
26									Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630					

Рисунок 2.3 – Вибір потужності ТП1

	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=	695,915				
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	653,434				
5	Кількість трансформаторів										kt=	2				
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1				
7	Дані післяаварійного режиму															
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3				
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8				
10	Економічні характеристики															
11	Питома вартість втраг, грн/кВт										Bo=	4620,75				
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ee=	0,1				
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ea=	0,036				
14																
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPxx, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Bв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмеж. 1	обмеж. 2	
16		63	1,28	0,24	215,505	29,3087	78,0928	0,48	78,5728	363,066	---	---	---	---	---	
17		100	1,97	0,33	228,848	31,1233	47,7033	0,66	48,3633	223,475	---	---	---	---	---	
18		160	3,1	0,51	246,263	33,4917	29,3227	1,02	30,3427	140,206	---	---	---	---	---	
19		250	4,2	0,74	268,785	36,5548	16,2724	1,48	17,7524	82,0294	---	---	---	---	---	
20		400	5,9	0,95	322,605	43,8743	8,92924	1,9	10,8292	50,0392	---	---	+	---	---	
21	V	630	8,5	1,31	358,943	48,8162	5,18585	2,62	7,80585	36,0689	84,8851	V	+	+	+	
22		1000	10,5	2,1	423,518	57,5984	2,54256	4,2	6,74256	31,1557	88,7541		+	+	+	
23		1600	18	2,8	526,5	71,604	1,70261	5,6	7,30261	33,7435	105,348		+	+	+	
24		2500	23,5	3,85	602,393	81,9254	0,91048	7,7	8,61048	39,7869	121,712		+	+	+	
25										Zмін=	84,8851					
26									Опт. Пот. Трансформатора	St*=	630					

Рисунок 2.4 – Вибір потужності ТП2

2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення

На відстані 1,3 км від підприємства розташовується підстанція 110/10, власне яка забезпечує живлення. Через те, що цехові ТП розташовані в різних напрямках від ЦРП, то обираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ. На території завду установлюємо ЦРП 10 кВ з 2-ма секціями розподільних шин.

Мережа підприємства виконана кабелями прокладеними в траншеях.

Відповідно до ПУЕ [12] всі електроапарати обирають за характером установки, номінальної напруги та струму, а ще проводять їх перевірку на динамічну і термічну стабільність.

Для живлення підприємства обираємо броньований кабель з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці на подоби АПвЭБВ-10 прокладені в траншеї трикутником. Вибір кабелю виконаємо по допустимому струму.

Визначаємо переріз матеріалу для живлення ЦРП:

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

$$2 \cdot 37,17 = 74,34 \text{ (А)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 140 = 138,48 \text{ (А)}.$$

де k_1 - поправочний коефіцієнт (ПК) для взаємодії температури зовнішнього середовища в які знаходиться кабель;

k_2 - ПК що враховує глибину для прокладання кабелю в ґрунті;

k_3 - ПК що враховує вплив теплового опору ґрунту;

k_4 - ПК що враховує довжину між трьома фазами кабелів;

k_5 - ПК що враховує вплив від прокладених рядом інших кабельних ліній;

k_6 - ПК що враховує допоміжну оболонку кабелів (канава, труба, тощо).

Відповідно до розрахунків вибираємо кабель АПвЭБВ-10 перерізом 3x50 мм² з $I_{доп} = 140$ А для живлення ЦРП [26]. Очевидно для інших приєднань кабельну проводку вибираємо аналогічно й вписуємо результати в таблицю 2.1.

Високовольтні вимикачі обираються за розрахунковим струмом та номінальною напругою беручи до уваги після аварійних режимів.

$$U_{ном.в} \geq U_{ном.мережі}, \quad (2.31)$$

$$I_{ном.в} \geq I_{max}, \quad (2.32)$$

Розрахуємо I_{\max} для нормального та після аварійного режиму:

а) Трансформаторна підстанція 1:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{577,711}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 16,7 \text{ (А)},$$

а) Трансформаторна підстанція 2:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{695,915}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 20,1 \text{ (А)},$$

$$I = \frac{1,3 \cdot S_{нл}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{1,3 \cdot 630}{\sqrt{3} \cdot 10} \text{ (А)},$$

Обираємо вакуумні вимикачі ВРС-10-20/630 У2 для встановлення на стороні 10 кВ. Номінальний струм вимикачів $I_{ном.в} = 630 \text{ А} > I_{м.ав}$ для всіх приєднань. Час відключення вимикача становить 0,075 с.

Таблиця 2.1 – Обрання високовольтного обладнання СЕП

Лінія	I_p , А	$I_{па}$, А	Вакуумний вимикач	$I_{ном}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{доп}$, А
С-ЦРП	37,17	74,34	ВРС-10-20/630 У2	630	АПвЭБВ-10	3×50	140
ЦРП-ТП-1	16,7	47,3	ВРС-10-20/630 У2	630	АПвЭБВ-10	3×25	88
ЦРП-ТП-2	20,1	47,3	ВРС-10-20/630 У2	630	АПвЭБВ-10	3×25	88

2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП

Потрібно обрати оптимальний простір місця розташування ЦРП по критерію найменших сумарних річних приведених затрат в СЕП, відповідно до припущення, що ЦРП має можливість бути встановлена у випадковому місці території підприємства, не зайнятому цехами і проїжджою частиною.

Центр мережі – це така точка на генплані, що місце розташування джерела живлення в ній забезпечить найменші сумарні річні наведені затрати в мережі в цілому.

Керованими змінними будуть осі координати розміщення ЦРП - (x_0 , y_0).

Видно, що областю допустимодоступних розрахунків вважається множина координат, які є власністю території підприємства. Отже, обмеження на керовані змінні мають такий вигляд: $x_{\min} \leq x_0 \leq x_{\max}$; $y_{\min} \leq y_0 \leq y_{\max}$, де, x_{\max} , x_{\min} -

максимальна та мінімальна координата на території підприємства по осі X , y_{\max} , y_{\min} - максимальна та мінімальна координата на території підприємства по осі Y на генплані.

Показником продуктивності рішення стануть затрати на систему електропостачання. Критерій оптимальності - мінімальна кількість даних затрат.

Повна математична модель:

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

$$\begin{aligned} X_{\min} & \leq X_0 \leq X_{\max}, \\ Y_{\min} & \leq Y_0 \leq Y_{\max}. \end{aligned}$$

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

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

I - струм по одинокій лінії;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності грн/кВт;

a - складова питомої вартості КЛ на 1 км, що не залежить від перерізу;

$a_{ж}$ - складова питомої вартості живлячої КЛ на 1 км;

$k_{жс}$ - кількість проводів живлячої лінії;

k_i - кількість проводів від центру мережі до i -тої ТП;

$F_{жс}$ - переріз живлячої кабельної лінії;

F_i - переріз i -тої кабельної лінії;

E_a - Коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$L_{жс}$ - довгота живлячої лінії км;

L_i - довгота i -тої розподільної лінії;

Причому довгота лінії живлення розраховується за такими формулами:

$L_i = \sqrt{(X_0 - X)^2 + (Y_0 - Y)^2}$ - для евклідової метрики;

$L_i = |X_0 - X| + |Y_0 - Y|$ - для неевклідової метрики.

$X_0; Y_0$ - координати центру мережі;

$X_{min}; Y_{min}$ - значення мінімальні координати осі на генплані, за якими неможливо розташовувати ЦМ по осі X і Y відповідно до цього;

$X_{max}; Y_{max}$ - значення максимальні координати осі на генплані, за якими неможливо розташовувати ЦМ по осі X і Y відповідно до цього;

На рисунку 2.5 зображена таблична форма, в якій автоматизовано процес вибору ЦМ за мінімумом річних приведених витрат.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L		
1	Технічні характеристики мережі													
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ									U _ж =		10		
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)							МетрикаЖ =					НЕ	
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)							МетрикаР =					НЕ	
5														
6	Економічні характеристики мережі													
7	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км							a=					10	
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км							а _ж =					8	
9	Питома вартість втрат, грн/кВт							В _о =					4620,75	
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень							Е _е =					0,1	
11	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію							Е _а =					4,00%	
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії							Е _{а_ж} =					5,00%	
13														
14														
15	Ліній живлення	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	R _о , Ом/км	K _о , т.грн/км	L, м	З, тис. грн		
16	ЖЛ	21	90	70	2	989,79	823,55	37,17	0,443	113,62725	15,00	0,528		
17	ТП1	44	89	50	2	465,17	390,61	17,53	0,62	83,0835	9,00	0,270		
18	ТП2	110	96	50	2	563,22	465,64	21,10	0,62	83,0835	80,00	2,585		
19														
20	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											3,3828		
21	Оптимальні координати ЦЕМ, м									X _о =		36	Y _о =	90
22														
23	Координати ЦЕМ на генплані, м									X _о =		36	Y _о =	90
24	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											3,3828		

Рисунок 2.5 – Таблична форма визначення центру мережі

Отже, за підсумком розрахунків ми здобули координати у яких встановлення ЦРП забезпечила б найменші річні наведені затрати для всієї мережі.

Відповідно до генплану підприємства (рисунок 1.1), координати розміщення ЦРП такі (x=36 м; y=90 м).

Для повного уявлення розподілення навантаження по території підприємства створимо картограму електричних навантажень [12]. Картограма електричних навантажень - це відповідний схематичний генплан підприємства, в якому на окремих об'єктах наносяться навантаження за ознаками (силове, освітлювальне) у вигляді кіл, радіус яких обраховуються за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Mi}}{\pi \cdot m_P}} \quad (2.34)$$

Сектор освітлювального навантаження цеху обраховуються:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{MOi}}{P_{Mi}} \quad (2.35)$$

За допомогою Microsoft Office Excel було здійснено розрахунки для цехів, а результати вносимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані потрібні для побудови картограми навантажень

№	Назва цеху	P_{PO} , кВт	P_P , кВт	r, м	α_i , °
1	Корпус №1	68,15	224,15	26,72	109,5
2	Виробничо-побутовий корпус 2	28,44	192,24	24,74	53,3
3	Лабораторний корпус №3	30,41	250,41	28,24	43,7
4	Виробничий корпус №4	38,41	214,41	26,13	64,5
5	Склад ОКСА	9,50	13,10	6,46	261,1
6	ПТО автомобілів	2,03	6,83	4,66	106,9
7	Їдальня	6,53	16,33	7,21	144,0
8	КПП	1,11	6,15	4,42	64,8
9	Ангар	12,75	16,95	7,35	270,8
10	Склад імпортованих частин	2,28	8,28	5,14	99,2
11	Склад ОМТС	9,50	11,90	6,16	287,4
12	Адміністративний корпус	33,24	53,64	13,07	223,1

Генплан підприємства з розміщенням ЦРП та ТП зображений на рисунку 2.6.

У цьому підрозділі були розраховані відповідні координати розміщення ЦРП за критерієм мінімальної кількості затрат в СЕП. Створена картограма електричних навантажень. Координати розміщення ЦРП: $X_0 = 36$ м та $Y_0 = 90$ м.

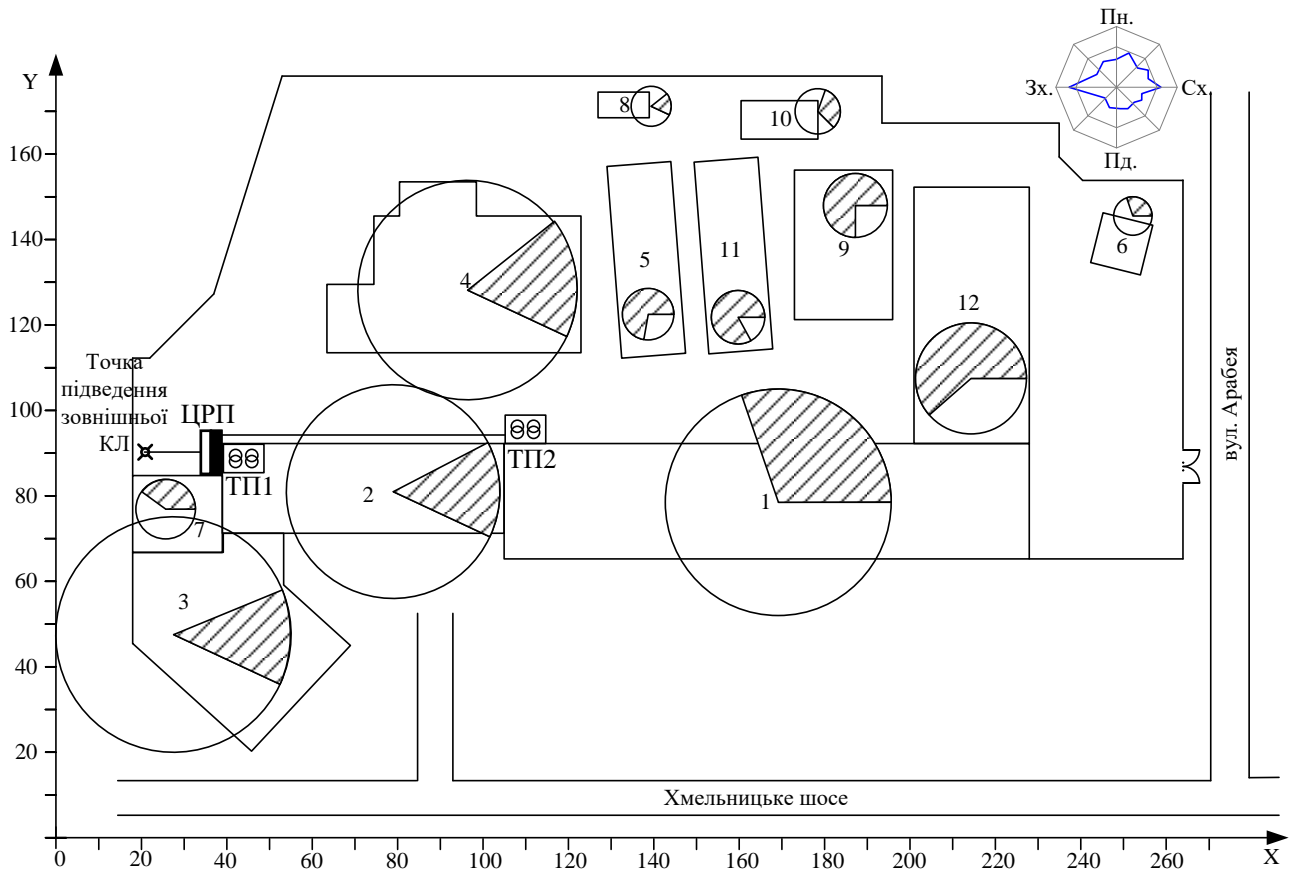


Рисунок 2.6 – Розміщення ЦРП та ЦТП

2.5 Розрахунок потужності конденсаторних батарей

Відповідний розрахунок потужності батарей статичних конденсаторів (БСК) досягається методом обліку особливостей використання потужності та конфігурації спроектованої СЕП. Головним аспектом при виборі потужності БСК вважається баланс потужності мережі для якого необхідно врахувати значення вхідної споживаної реактивної потужності та потужності, окремого вузла живлення, яку потрібно скомпенсувати.

Для здійснення цього розрахунку оформляємо однолінійну схему СЕП (рисунок 2.6) та однолінійну схему заміщення (рисунок 2.7).

З підтримкою балансової задачі здійснюємо вибір оптимальної потужності БСК. Не має можливості змінювати РП, яка буде проходити в КЛ, що з'єднає систему та ЦРП, в наслідок цього при вирішенні наданої задачі втрати пов'язані з протіканням потужності в живлячій частині можна не брати до уваги.

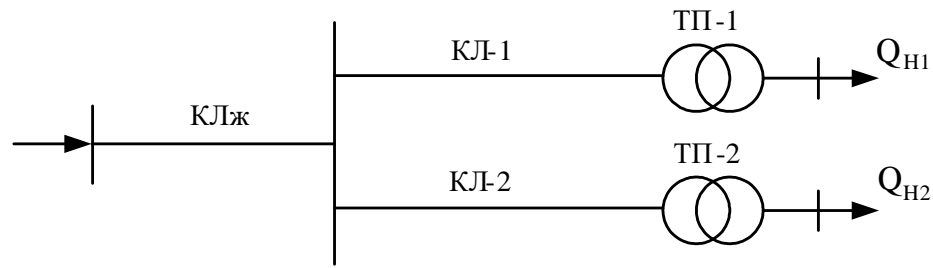


Рисунок 2.6 – Схема електропостачання однопілля

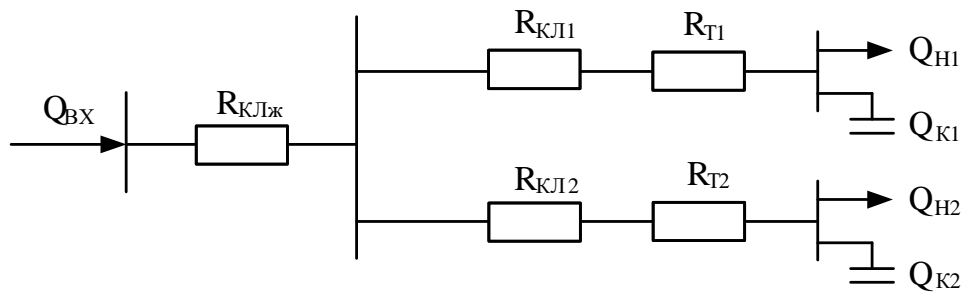


Рисунок 2.7 – Схема заміщення мережі електропостачання підприємства

Математична модель для вибору оптимальної потужності БСК [11]:

$$\begin{cases} 3(Q_K) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n [(Q_{H_i} - Q_{K_i})^2 (R_{K_{Лi}} + R_{T_i})] \rightarrow \min_{Q_K}; \\ Q_{K_i} \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{K_i} = \sum_{i=1}^n Q_{H_i} - Q_{B_X} \end{cases} \quad (2.36)$$

Керовані змінні – потужність БСК у вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$

ПЕР – щорічні приведені витрати.

де B_0 – питома вартість втрат активної потужності;

Q_{H_i} – реактивне навантаження поодинокій лінії живлення i -тої ЦТП;

Q_{K_i} – потужність КУ поодинокій секції шин НН i -тої ЦТП;

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

n – кількість ЦТП;

$R_{K_{Лi}} = r_{окЛi} \cdot L_{КЛi}$ – активний опір окремої лінії;

Розрахунок підходящої потужності БСК з поміччю балансової задачі реалізуємо в середовищі САПР MathCad. Для розв'язання заданої задачки робимо комп'ютерну модель на базі математичної моделі (2.34) (рисунок 2.8).

Вхідні дані для розрахунку				
Напруга, кВ:	$U := 10$	Модель балансової задачі компенсації реактивних навантажень		
Вхідна реактивна потужність, квар:	$q_{вх} := 293$	$Z(q_{к1}, q_{к2}) := \frac{B_0}{U^2 \cdot 10000} \left[\begin{array}{l} (q_{н1} - q_{к1})^2 \cdot \left(\frac{r_{т1} + r_{п1}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н2} - q_{к2})^2 \cdot \left(\frac{r_{т2} + r_{п2}}{2} \right) \dots \\ + (q_{н1} + q_{н2} - q_{к1} - q_{к2})^2 \cdot \frac{r_{ж}}{2} \end{array} \right] \dots$ $+ [(E_a + E_a) \cdot B_{к0} + B_0 \cdot \Delta P_{к1}] (q_{к1} + q_{к2})$		
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	$E_a := 0.1$		Given	
Коефіцієнт відрахувань на амортизацію	$E_a := 0.04$		обмеження	
Питома вартість КУ	$B_{к0} := 100$		$q_{к1} \geq 0$ $q_{к2} \geq 0$	
Питомі втрати реактивної потужності в КУ, кВт/Мвар	$\Delta P_{к} := 4.5$		$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = q_{вх}$	
Питома вартість втрат активної потужності, грн/кВт	$B_0 := 4620.75$		Визначаємо оптимальне проектне рішення:	
Питомі активні опори ліній живлення, Ом/км			$q_{к} := \text{Minimize}(Z, q_{к1}, q_{к2}) = \begin{pmatrix} 242.614 \\ 320.616 \end{pmatrix}$	
$r_{01} := 0.62$ $r_{02} := 0.62$			Річні приведені затрати, грн	
Довжини ліній від ЦРП до ЦТП, км			$Z(q_{к1}, q_{к2}) = 4.178 \times 10^6$	
$L_{кп1} := 0.009$ $L_{кп2} := 0.08$			Перевірка, квар	
Опори трансформаторів, Ом	$r_{т1} := 2.142$ $r_{т2} := 2.142$	$(q_{н1} + q_{н2}) - (q_{к1} + q_{к2}) = 293$ $q_{вх} = 293$		
Реактивна потужність у вузлах навантаження, квар:	$q_{н1} := 390.6$ $q_{н2} := 465.63$	Визначаємо потужності БК у вузлах навантаження, квар:		
Довільні початкові потужності БК у вузлах навантаження, квар:	$q_{к1} := 100$ $q_{к2} := 100$	$q_{КУ} := \frac{q_{к}}{2} = \begin{pmatrix} 121.307 \\ 160.308 \end{pmatrix}$		
Довжина та питомий опір ліній живлення:				
$l_{ж} := 1.3 + 0.015 = 1.315$ $r_{ж0} := 0.443$				
Опір зовнішньої лінії живлення, Ом	$r_{ж} := l_{ж} \cdot r_{ж0} = 0.583$			
Опір розподільних ліній живлення, Ом				
$r_{п1} := r_{01} \cdot L_{кп1} = 5.58 \times 10^{-3}$ $r_{п2} := r_{02} \cdot L_{кп2} = 0.05$				

Рисунок 2.8 – Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

Для спроектованої СЕП буде доречно встановити автоматично регульовані конденсаторні пристрої РУС-0,4. На ТП1 БСК на подібні РУС 0,4-125/25 в числі двох штук, по одній на трансформатор. На ТП2 БСК на подібні УКР 0,4-150/25 в числі двох штук, по одній на будь-який трансформатор.

2.6 Релейний захист та автоматика

Розглянемо захист КЛ 10 кВ ділянки ЦРП-ТП1.

Струмове відсічення проводиться двофазною дворелейною схемою з струмовими реле РТ - 40 КА1 і КА2. Струм спрацьовування струмового відсічення підганяється до струму спрацьовування струмової відсічки трансформаторів ТП1 і обирається відповідно виразу [16]:

$$I_{св} = k_{нКЛ} \cdot k_{нТр-р} \cdot I_{к\max\ ВН}^{(3)} = k_{нКЛ} \cdot k_{нТр-р} \cdot \frac{100}{U_{кТр-р}} \cdot I_{ном.Тр-р} \quad (2.37)$$

де $I_{к\max\ ВН}^{(3)}$ – максимальне значення струму трифазного КЗ за трансформатором, а

саме поза зоною роботи відсічки, приведеної до сторони ВН, А;

k_n – коефіцієнт надійності, в якого значення залежать від способу використання струмових реле: 1,3—1.4 – для реле на подібні РТ-40;

$I_{\text{ном.Тр-р}}$ - номінальний струм трансформатора на ВН ($I_{\text{ном.Тр-р}} = 37,17 \text{ А}$);

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

$$I_{\text{св}} = 1,3 \cdot 1,3 \cdot \frac{100}{5,5} \cdot 37,17 = 1183 \text{ (А)},$$

Струм спрацювання реле розраховується за виразом:

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

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

Приймається реле РТ-40/200 підключення котушок паралельне, обмеження уставок струму спрацювання реле 100-200 А.

Витримка часу обирається за погодженням відповідно з часом спрацювання струмової відсічки трансформатора 1000 кВА ТПЗ, тобто на рівень селективності більше-0,5 с:

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

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

Для початку визначимо струм трифазного КЗ.

Схема заміщення для такого розрахунку зображена на рисунку 2.9.

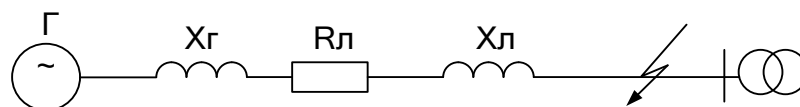


Рисунок 2.9 – Схема заміщення для розрахунку с.К.З.

$$I_{\text{кз}} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot Z}, \quad (2.38)$$

де U_H – номінальна напруга, кВ;

Z – повний опір живлячої лінії та системи, Ом.

$$Z = \sqrt{R_{\text{л}}^2 + (X_{\text{л}} + X_{\text{Г}})^2}, \quad (2.39)$$

$$X_{\text{Г}} = \frac{x_{\text{д}} \cdot U_{\text{ср}}^2}{S_{\text{ном.Г}}}, \quad (2.40)$$

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

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

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

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

Максимальний струмовий захист.

Схема струмового захисту максимального значення приймається двофазною з трьома реле на подібі РТ40 (КА1, КА2, КА3) (рисунок 2.10).

Уставка по струму вибирається з критеріїв:

а) неспрацьовування безпеки при післяаварійних перевантаженнях:

$$I_{\text{сз}} = \frac{k_{\text{н}} \cdot k_{\text{сзп}} \cdot I_{\text{робmax}}}{k_{\text{пов}}} \quad (2.41)$$

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

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

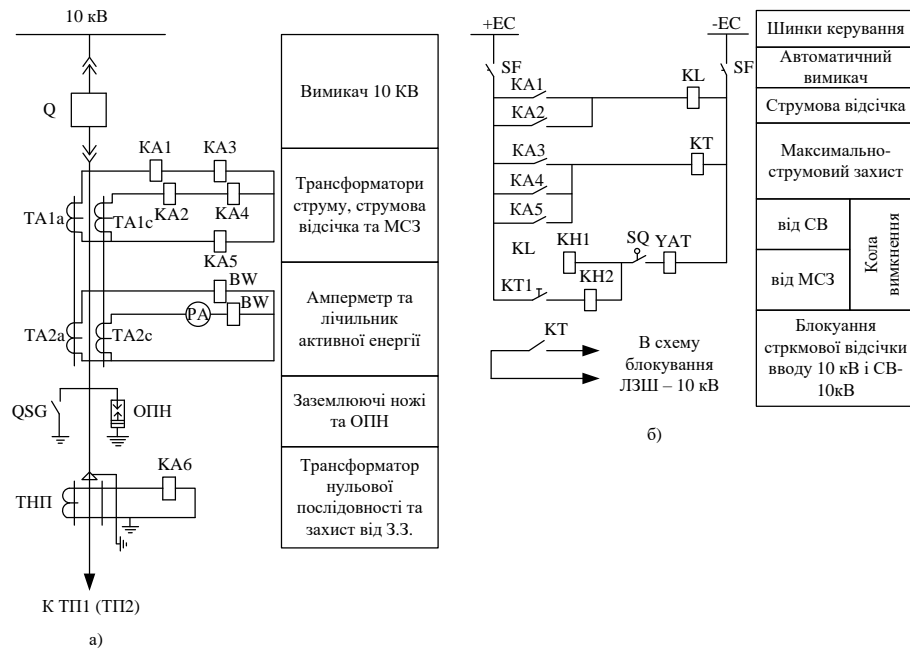


Рисунок 2.10 - Схема захисту кабельної лінії 10-6)кВ: а) пояснююча схема;
б) оперативні ланцюги.

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

б) за підтвердженням з попереднім захистом:

$$I_{cз} = k_{нс} \cdot I_{cзTp} = 1,3 \cdot 497,03 = 646,18 \text{ (A)}.$$

Приймається уставка $I_{cз} = 646,18 \text{ (A)}$.

в) розраховується чутливість захисту в двофазному КЗ на шинах 10 кВ ТП1 в мінімальному режимі налагодженості:

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

г) розраховується струм спрацьовування реле за виразом:

$$I_{cр} = \frac{I_{cз}}{n_{ТС}} = \frac{646,18}{20} = 32,3 \text{ (A)},$$

де $n_{ТС}$ – коефіцієнт трансформації трансформаторів струму прийнятий рівним

100/5.

Підбирається реле по типу РТ 40/100.

д) час спрацьовування захисту обумовлюється за погодженням з МСЗ трансформаторів ТП1, що має в своєму розпорядженні час спрацьовування – 1,2с.

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

Підбирається реле часу по типу ЕВ-124 з обмеженням уставок 0,25—3,5с.

Захист од замикань однофазних на землю

У мережі з ізольованою нейтраллю струм замикання на землю дорівнює:

$$I_3^{(1)} = 3 \cdot I_{0c} = \frac{U_{мф} \cdot l}{10}. \quad (2.42)$$

У неушкоджених лініях струм $3 \cdot I_{0c}$, який протікає через частину установки

захисту, рівний: $3 \cdot I_{0c} = \frac{U_{мф} \cdot l}{10}$ та протікає до шин.

В ушкодженій лінії струм $3 \cdot I_{0c} = 3 \cdot I_{0c\text{Мережі}} - 3 \cdot I_{0c\text{КЛ}}$ та протікає до шин.

Струм замикання кабелю, на якому встановлений захист:

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

Струм замикання всієї кабельної мережі 10 кВ на землю:

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

де $U_{мф}$ – міжфазна напруга, кВ;

l – довжина мережі, км;

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

Через те, що при переміжній дузі в точці замикання на землю припустимі кидки струму неушкодженої лінії, які перевершують сталі значення даного струму в 4-5 разів, струм спрацьовування захисту вираховується в такий спосіб:

$$I_{сз} = \frac{k_{відл} \cdot k_{стр} \cdot 3I_{ОКЛ}^{(1)}}{10} = \frac{1,1 \cdot 4 \cdot 0,03}{10} = 0,0132 \quad (A),$$

де $k_{відл}$ – коефіцієнт відлаштування, який має значення 1.1—1.2;

$k_{стр}$ – коефіцієнт стрибка, що бере до уваги стрибок струму ємності, що має значення 4-5, якщо захист працює без витримки часу.

Коефіцієнт чутливості захисту обчислюється відношенням струму нульової послідовності, що проходить через ТНП в несправній частині лінії [17], до струму спрацьовування оборони $I_{сз}$:

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

Умова чутливості виявляється в тому, що сигналізація при замиканні на землю зобов'язана працювати з коефіцієнтом чутливості для кабельних ліній $k_{ч} = 1,25$.

Реле струму, що реагує на повний струм нульової послідовності в частині установки захисту приймається РТЗ-51.

Використання потрібних засобів захисту регламентується правилами з техніки безпеки при експлуатації електроустановок, загально визнаними мірами і правилами з охорони праці та іншими нормативно-технічними документами, а ще орієнтується місцевими критеріями на підставі потреби даних документів.

Тільки електротехнічний персонал зобов'язаний здійснювати експлуатацію електроустановок, який розподіляється на адміністративно-технічний, оперативний, ремонтний і оперативно-ремонтний.

Стационарне електричне обладнання, яке містить ефект зосередження тепла і ефект фокусування, зобов'язано знаходитись на відстані від будь-якого компоненту конструкції або ж стационарного об'єкта. Ця відстань повинна гарантувати захист об'єкта або компонентів від впливу ризикованих температур.

При утриманні у певній частині електрообладнання значної кількості легко займистих рідини, потрібно вжити заходів обережності, які гарантують

недоступність до легко займистих рідини або продуктів горіння (отруйні гази, дим, полум'я) в інші частини будови і на елементи його конструкції. В якості заходів обережності можливо застосувати:

- експлуатацію електричного обладнання в камерах (приміщеннях), що мають вогнестійкі пороги та стінки й т.п., що ліквідують поширення горючої рідини. При цьому камери (приміщення) зобов'язані бути обладнані персональною вентиляцією, що має викид за межі споруди,

- приладом є маслосбірна яма, в якій збирають горючу рідину і забезпечують її гасіння при випадку загоряння.

Висновок. У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розбір системи електропостачання підприємства. Для цього були вирішено певні задачі:

- вибрано чисельність, потужність і місце розташування відповідних трансформаторних підстанцій;

- обрані марки та перерізи ліній живлення, а ще була виконана їх перевірка;

- виконано аналіз засобів захисту електричного обладнання.

Отже, система електропостачання підприємства за власними фінансовими показниками вважається оптимальною.

3 ОПТИМІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Аналіз та характеристики автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії

Система АСКОЕ – це автоматизована інформаційно-вимірвальна система комерційного обліку електроенергії, яка розроблена для оперативного контролю та здійснення дієвого комерційного обліку вироблення та споживання електроенергії. Система гарантує передачу та збір інформації про використання суміжних суб'єктів електромережі. Дана система додатково дозволяє проводити контроль характеристик якості електроенергії, що зчитуються з електронних лічильників, поставлених в точках обліку [29].

Метою організації обліку електроенергії вважається процес запам'ятовування, інформування та отримання інформації для цілей державної, відомчої та корпоративної відомості, а ще для задоволення потреб менеджменту підприємства. Статистична техно звітність містить величезний сенс для планування режимів роботи електрооснащення, визначення техніко-економічних характеристик електроенергії, економічного аналізу нововведень, фінансового аналізу роботи споживача електроенергії [30].

АСКОЕ - багаторівнева система, яка функціонально містить в собі сукупність відразу декількох комплексів, структурна схема яких показана на рисунку 3.1:



Рисунок 3.1 - Структурна схема АСКОЕ

- вимірювально інформаційний комплекс (ВІК) точки обліку функціонально поєднує сукупність програмно-технічних засобів обліку електроенергії по даній точці, в якій створюється та послідовно реорганізуються сигнали, що зберігають чисельну інформацію про вимірювані фізичні величини. Компоненти комплексу: лічильники електроенергії з телеметричним або цифровим інтерфейсом, вимірювальні трансформатори струму і напруги, другорядні замірні ланцюги, від трансформаторів напруги та до лічильників;

- інформаційно-обчислювальний комплекс електроустановки (ІОКЕ) - сукупність функціонально з'єднаних програмних і технічних засобів, спеціалізованих для рішень завдань обробки та збору даних вимірювань, діагностики засобів вимірювань в межах однієї електроустановки, а ще забезпечення доступу до даної інформації. Компоненти комплексу: прилади збору та передачі даних (ПЗПД), канали передачі даних, система забезпечення єдиного часу (СЗЄЧ) [33];

- інформаційно-обчислювальний комплекс (ІОК) - сукупність функціонально з'єднаних програмних, інформаційних і технічних засобів, яка створена для збору, обробки і зберігання підсумків вимірювань, що надходять від ВІК і ІОКЕ, а ще забезпечення інтерфейсів доступу до даної інформації.

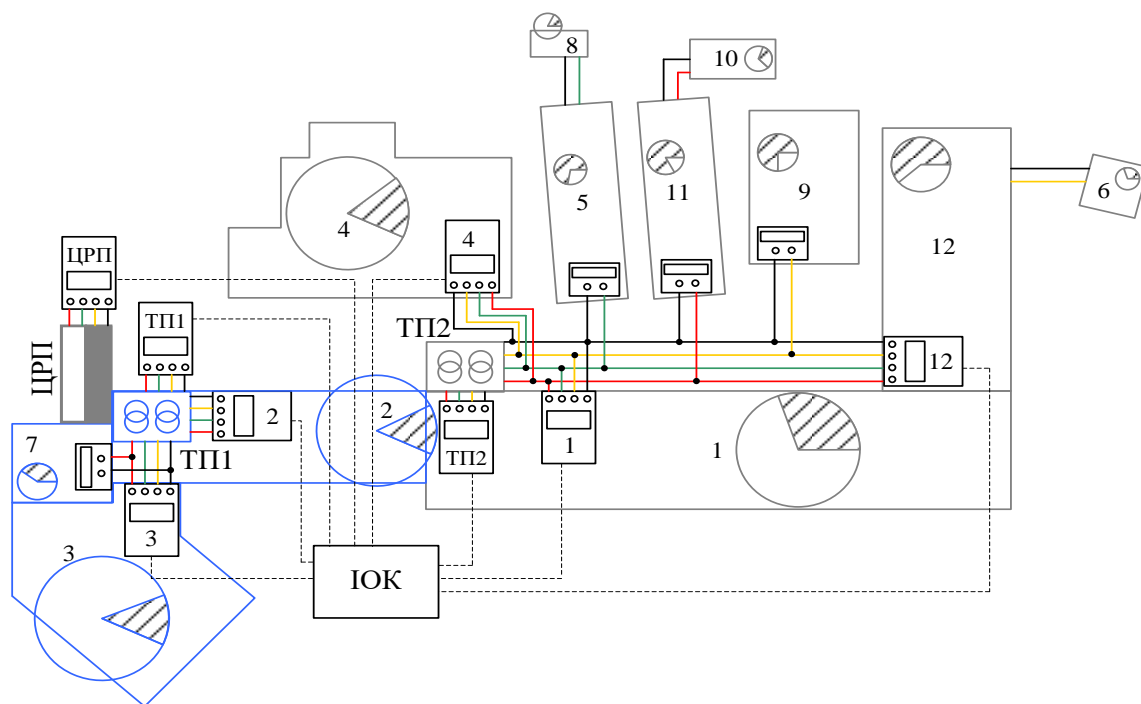


Рисунок 3.2 - Реалізація АСКОЕ на ТОВ «САРМАТ»

Завдяки функціонально об'єднаним комплексам АСКОЕ здатна реалізувати такі функції, як вимірювання потужності та електричної енергії, збір інформації, збереження інформації, надання інформації, контроль параметрів системи, автоматична діагностика.

Систему АСКОЕ доречно використовувати у всіх секторах електроенергетичного комплексу: на підприємствах, комунальних споживачах електроенергії та самих електропостачальних мережах.

Впровадження автоматичної інформаційно-вимірювальної системи комерційного обліку електроенергії в мережеві організації і на сусідні суб'єкти оптового ринку, дозволить забезпечити їх своєчасною, абсолютною і достовірною інформацією про обсяги споживаної і виданої електроенергії в технологічному процесі функціонування єдиної державної енергетичної системи, яка потрібна для комерційних розрахунків.

3.2 Розробка та впровадження автоматичної системи комерційного обліку електроенергії на підприємстві

Фінансова ефективність від впровадження АСКОЕ для промислових компаній гарантується завдяки таким факторам:

- збільшення точності обліку електроенергії за рахунок скорочення помилок при ручному зніманні даних, проведення перевірок старих пристроїв обліку і заміни їх на більш новітні та точні;
- значне скорочення втрат та крадіжок електроенергії, за рахунок контролю балансів по об'єктах підприємства;
- скорочення витрат на обробку інформації економічним підрозділом, за допомогою отримання оперативної та достовірної інформації про використання енергії в електричному вигляді;
- контроль заявленої потужності підприємств і виставлення рахунків за фактично спожиту потужність;

- вирівнювання навантаження за рахунок переходу споживачів на зонний тариф і переведення частини потужності в нічний період.

Величезний сенс для успішної реалізації систем АСКОЕ, а також її ефективної роботи протягом довготривалого періоду має рівень застосованого обладнання.

Задіяне в складі систем АСКОЕ оснащення застосовується для вирішення широкого комплексу завдань вимірювання, записування, обробки і передачі даних. В наслідок цього для створення таких систем використовуються всілякі види приладів і обладнання. Провідними вважаються наступні:

- концентратори - пристрої збору та передачі даних, що забезпечують збір даних з включених в систему приладів обліку, їх обробку і передачу на більш високий рівень;

- електронні лічильники - інтелектуальні багатофункціональні прилади обліку, що забезпечують автоматичне вимірювання споживаних енергоресурсів і параметрів енергомережі, передачу даних на наступний рівень системи;

- пристрої синхронізації часу - обладнання для забезпечення синхронізації з єдиним часом UTC всіх вимірювальних і обчислювальних компонентів системи, що мають вбудовані програмні годинник;

- модеми - мережеві пристрої для забезпечення передачі інформаційних потоків між елементами системи;

- контролери - пристрої для віддаленого збору даних, управління і контролю промислових енергомереж різного рівня складності;

З підтримкою програмного забезпечення виконується розрахунок і передача в сервер бази даних, де проводиться остаточна обробка даних. Адміністратор системи має можливість вивести інформацію на екран. При цьому він має можливість не лише тільки тримати під контролем спожиту електроенергію, але і практично відразу вимикати електроенергію певному споживачеві. Є можливість провести візуальний контроль, який дозволить виконати аналіз. Підготувати та надрукувати звітну документацію. У тому числі і нарахування для здійснення оплати за електроенергію [34].

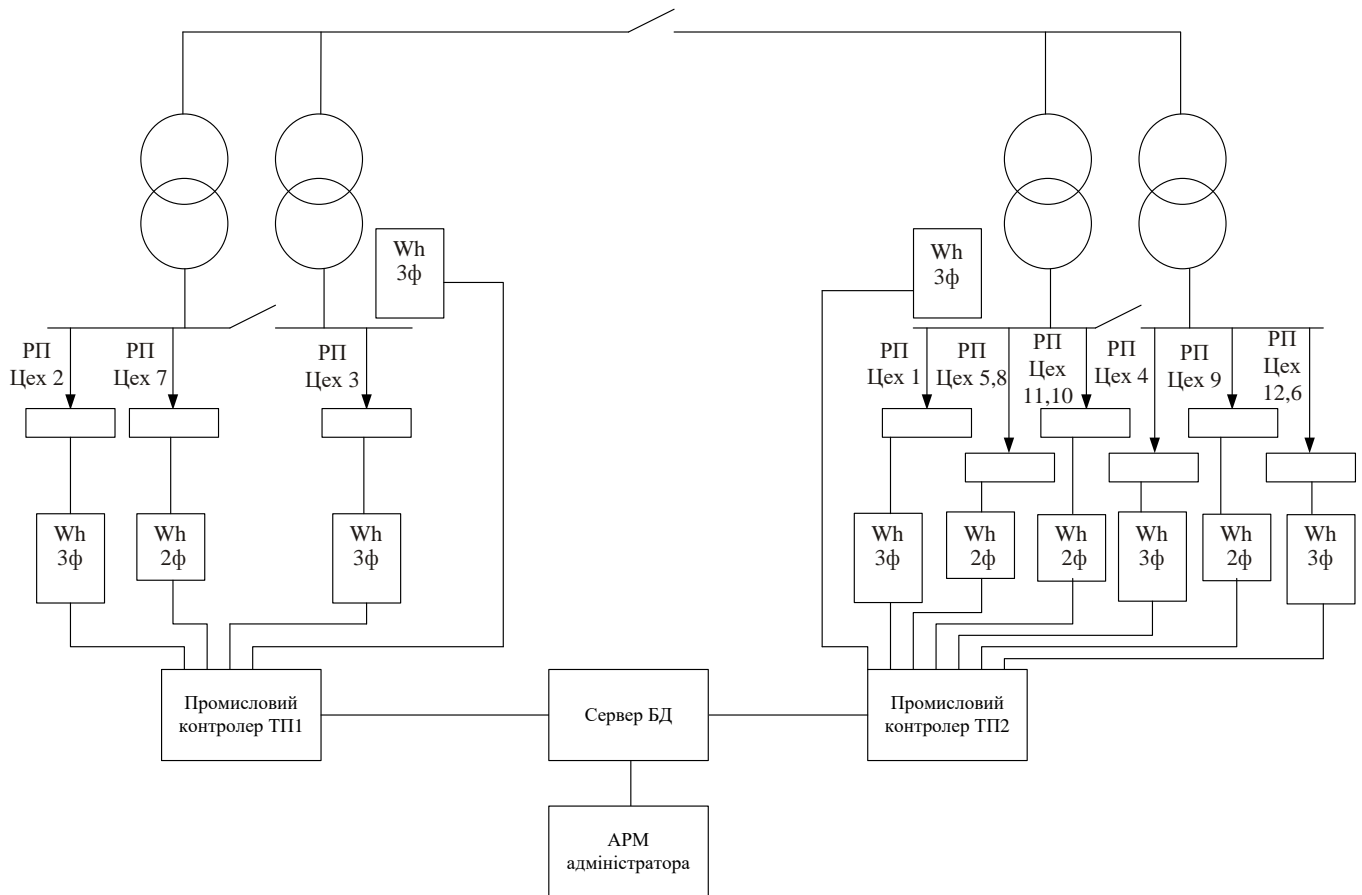


Рисунок 3.3 - Схема реалізації системи АСКОЕ на ТОВ «САРМАТ»

Технічне оснащення, а ще його технічні властивості, для реалізації системи АСКОЕ на підприємстві наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики обладнання для реалізації системи АСКОЕ на підприємстві

Пристрій	Марка	кількість	Місце встановлення	Іном, А	Уном, В	ІР
Електронний трифазний лічильник	NIK2307	2	ТП 1,2	10	380	54
Електронний трифазний лічильник	NIK2303	5	РП Цеху 1,2,3,4,12	5	380	54
Електронний однофазний лічильник	NIK2100	4	РП Цеху 5,6,7,8,9,10,11	5	220	54
Промисловий контролер	Новатек-Електро ЕМ-486	2	ТП 1,2	16	12	

На ТП буде два комплекси АСКОЕ з двома точками обліку, на кожному трансформаторі.

Баланс по ТП до і після установки АСКОЕ представлено на рисунку 3.4.

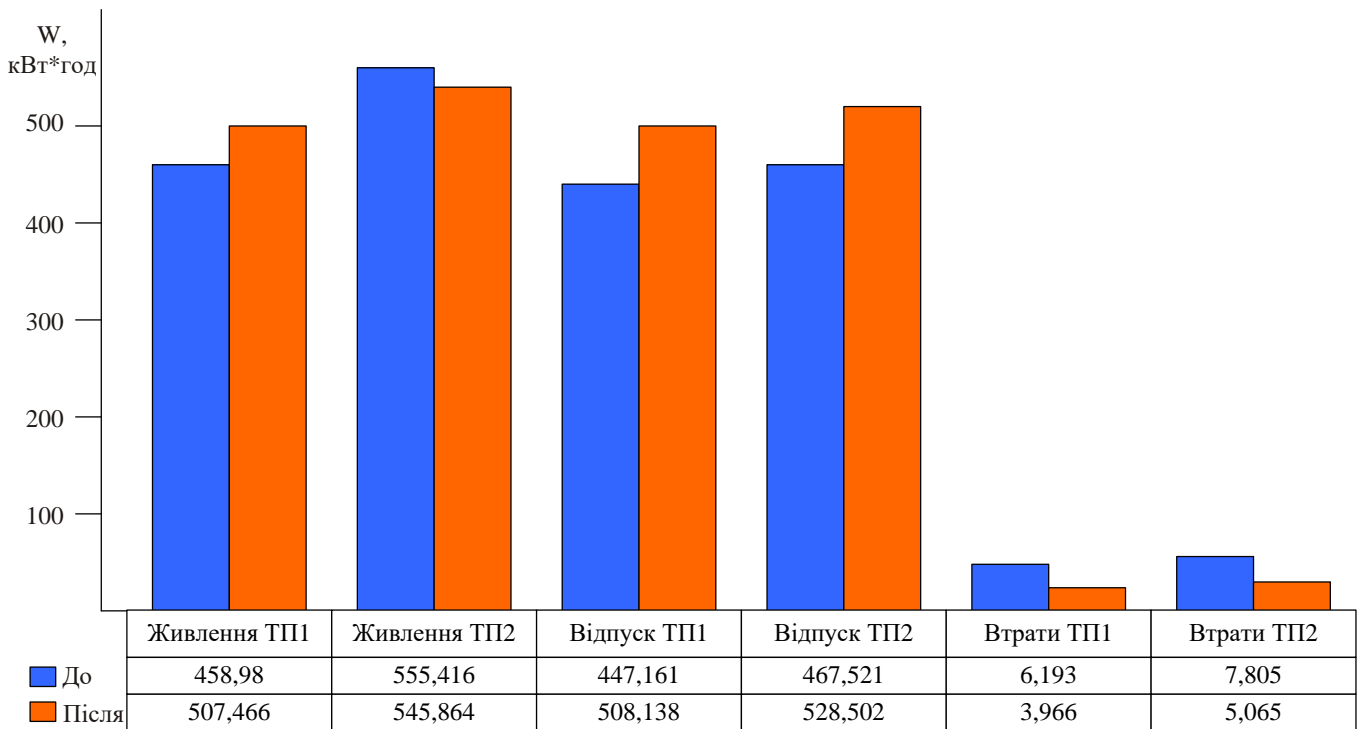


Рисунок 3.4 - Баланс по ТП до і після впровадження АСКОЕ

Розрахуємо різницю у втратах по ТП до і після впровадження АСКОЕ:

$$\text{ТП1:} \quad \Delta W_1 = 6,193 - 3,966 = 2,227 \text{ (кВт} \cdot \text{год)},$$

$$\text{ТП2:} \quad \Delta W_2 = 7,805 - 5,065 = 2,74 \text{ (кВт} \cdot \text{год)},$$

$$\Delta W = \Delta W_1 + \Delta W_2 = 2,227 + 2,74 = 4,967 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Вартість втрат:

$$S_{\text{втрат}} = \Delta W \cdot t = 4,967 \cdot 2,33765 = 11,6111 \text{ (грн.)}.$$

Розрахуємо різницю у відпуск ТП-1,2 до і після установки АСКОЕ:

$$\text{ТП1:} \quad \Delta W_{B1} = 508,138 - 447,161 = 60,977 \text{ (кВт} \cdot \text{год)},$$

$$\text{ТП2:} \quad \Delta W_{B2} = 528,502 - 467,521 = 60,981 \text{ (кВт} \cdot \text{год)},$$

$$\Delta W_B = \Delta W_{B1} + \Delta W_{B2} = 60,977 + 60,981 = 121,958 \text{ (кВт} \cdot \text{год)}.$$

Вартість втрат:

$$S_{\text{втратB}} = \Delta W_B \cdot t = 121,958 \cdot 2,33765 = 285,095 \text{ (грн.)}.$$

Позитивний економічний ефект за добу роботи буде дорівнювати:

$$S_{(+)} = S_{\text{втрат}} + S_{\text{втратB}} = 11,611 + 285,095 = 296,706 \text{ (грн.)}.$$

Витрати на сервіс АСКОЕ складаються з амортизаційних відрахувань і експлуатаційних витрат. Термін експлуатації $25 \cdot 12 = 300$ міс. Амортизація розраховується виходячи з терміну експлуатації і ціни комплексу АСКОЕ:

$$S_{амор.} = \frac{S_{АСКОЕ}}{t_{служ.}} = \frac{2 \cdot 63500}{300} = 423,3 \text{ (грн./міс.)}.$$

Щорічне технічне обслуговування однієї системи АСКОЕ становить 2650 грн. [3]. Таким чином, технічне обслуговування всіх точок обліку складе:

$$S_{ТО} = \frac{2 \cdot 2650}{12} = 443,3 \text{ (грн./міс.)}.$$

Щомісячні витрати на АСКОЕ:

$$S_{(-)} = S_{ТО} + S_{амор.} = 423,3 + 443,3 = 866,633 \text{ (грн./міс.)}.$$

Загальний економічний ефект складе:

$$\Delta S = S_{(+)} - S_{(-)} = 23 \cdot 296,706 - 866,633 = 5090,97 \text{ (грн./міс.)}.$$

Термін окупності складе:

$$t_{ок.} = \frac{S_{АСКОЕ}}{\Delta S} = \frac{2 \cdot 63500}{5090,7} = 24,9 \text{ (грн./міс.)}.$$

Розрахунок засвідчив дійсність використання налагодженості АСКОЕ для поліпшення економічних характеристик в системі електроспоживання ТОВ «САРМАТ». Зі збільшенням точок обліку зросте вартість комплексів і витрат для експлуатації даних комплексів, що можливо не кардинально позначаться для терміну окупності в більшу сторону.

3.3 Використання АСКОЕ для оптимізації графіка споживання навантаження підприємством

Щоб провести аналіз ефективності установки АСКОЕ треба зібрати денні і місячні графіки електричних навантажень підприємства до впровадження АСКОЕ, а також згодом [29].

Добовий графік навантаження підприємства наведено на рисунку 3.5.

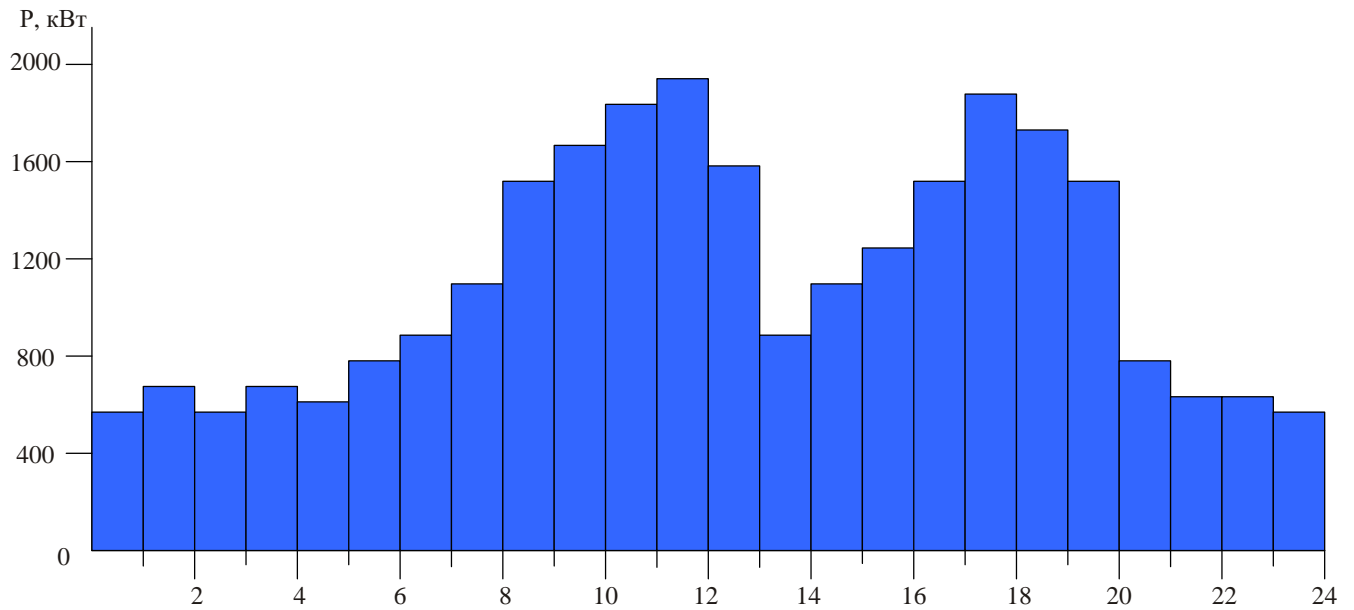


Рисунок 3.5 - Добовий графік споживання навантаження підприємством

Впровадження АСКОЕ на підприємстві дасть можливість контролювати ліміти використання електроенергії в години мінімальної та максимальної навантаженості енергосистеми. Роблячи упор на дану властивість АСКОЕ моделюємо передбачуваний денний графік навантаження підприємства після впровадження АСКОЕ (рисунок 3.6).

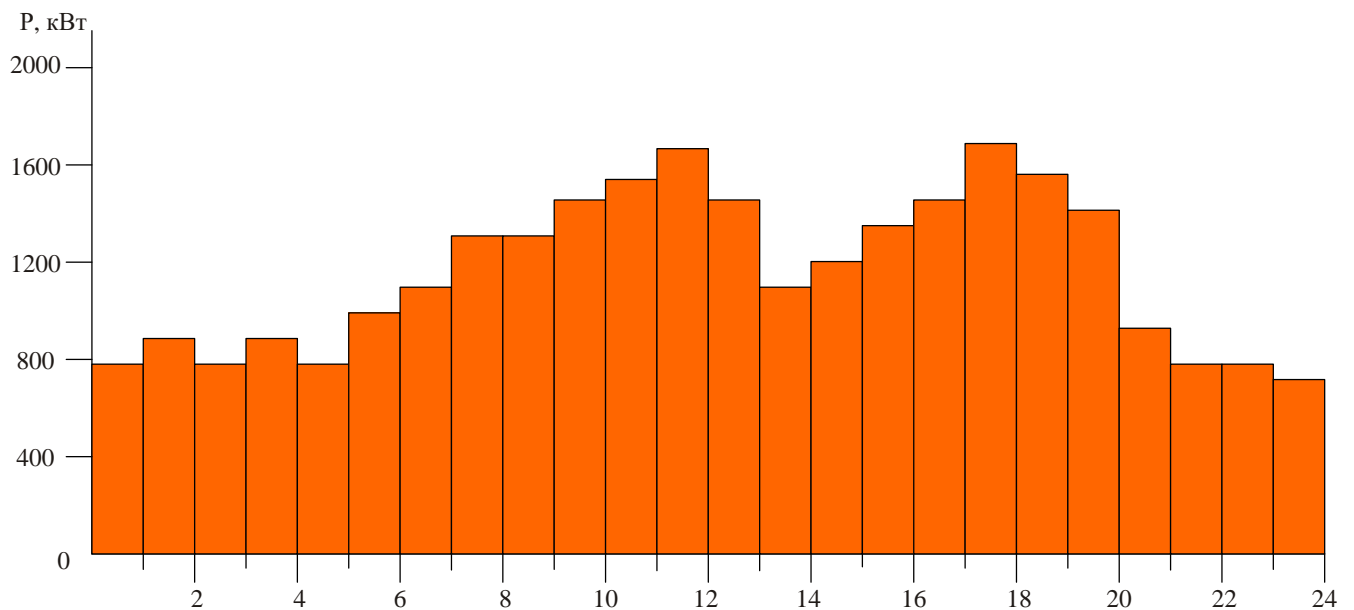


Рисунок 3.6 - Добовий графік споживання навантаження підприємством після впровадження АСКОЕ

Здійснюємо розрахунок поточних характеристик режиму електроспоживання на підприємстві. Дані для розрахунку беремо з вище наведених графіків навантаження підприємства (рисунок 3.5, 3.6), за наведеними нижче формулами належних характеристик.

Середньодобове навантаження підприємства визначається:

$$P_C = \sum_{i=1}^m \frac{P_i}{m}, \quad (3.1)$$

де i - число ступенів у графіку навантаження промислового підприємства;

P_i - значення навантаження i -ї ступені, кВт.

$$P_C = \sum_{i=1}^m \frac{22704,099}{24} = 946,004 \text{ (Вт)};$$

$$P_{C.ACKOE} = \sum_{i=1}^m \frac{23284,55}{24} = 970,189 \text{ (Вт)}.$$

Значення середньодобового навантаження при веденні системи АСКОЕ згодом робиться більшим. Це обґрунтовано тим, що впровадження АСКОЕ дозволяє реалізувати нормування мінімальних значень споживання електроенергії.

Розрахунок втрат активної електроенергії в СЕП планують в узгодженні до квадрату ЕП підприємства в цілому. А внаслідок того для оцінки і контролю продуктивності роботи СЕП потрібно реалізувати аналіз ще квадратичних графіків навантаження. Одним з характеристик вказаних графіків вважається середньоквадратичне значення навантаження. Розраховується за формулою[30]:

$$P_{CK} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{P_i}{m}}, \quad (3.2)$$

$$P_{CK} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{126224,579}{24}} = 75,521 \text{ (Вт)};$$

$$P_{CK.ACKOE} = \sqrt{\sum_{i=1}^m \frac{129451,624}{24}} = 73,443 \text{ (Вт)}.$$

З поміччю розрахованих середньодобового і середньоквадратичного навантаження знаходиться дисперсія D_P і середньоквадратичне відхилення σ_P

графіків навантаження. Їх розрахунки характеризує нерівномірність використання підприємством електроенергії в продовж доби:

$$D_P = P_{СК}^2 - P_C^2; \quad (3.3)$$

$$D_P = 75,521^2 - 946,004^2 = 889220,14;$$

$$D_{P.АСКОЕ} = 73,521^2 - 970,189^2 = 935861,35;$$

$$\sigma_P = \sqrt{D_P}; \quad (3.4)$$

$$\sigma_P = \sqrt{889220,14} = 942,984;$$

$$\sigma_{P.АСКОЕ} = \sqrt{935861,35} = 967,399;$$

Час використання максимальної потужності підприємством розраховується за формулою:

$$T \frac{W_{доб}}{P_{max,max}}; \quad (3.5)$$

де $W_{доб}$ - добове споживання електроенергії підприємством, кВт·год;

P_{max} - максимальна активна потужність, яка використана підприємством протягом доби, кВт.

$$T \frac{31835,38}{1941,182_{max}} \quad (\text{год});$$

$$T_{max.АСКОЕ} = \frac{27085,955}{1666,828} = 16,25 \text{ (год)}.$$

З розрахунків видно, що час використання максимальної потужності та обсяг використання підприємством електроенергії в продовж доби зменшився. Це обґрунтовано тим, що впровадження АСКОЕ дозволяє запропонувати всілякі схеми управління розподілом електроенергії, а також потужності на підприємстві в результаті чого зменшуються витрати в СЕП.

Окрім стандарту та дисперсії, нерівномірності графіка навантаження, також визначається за значеннями наведених коефіцієнтів:

- коефіцієнт форми:

$$K_{\Phi} = \frac{P_c}{P_{CK}}; \quad (3.6)$$

$$K_{\Phi} = \frac{75,521}{946,004} = 0,0798;$$

$$K_{\Phi.ACKOE} = \frac{73,443}{967,399} = 0,0759.$$

Коефіцієнт форми даних графіків показує, що графік має нерівномірність.

- коефіцієнт заповнення для графіка навантаження:

$$K_{3Г} = \frac{P_c}{P_{max}}; \quad (3.7)$$

де P_{max} - максимальне значення для середньогодинного навантаження підприємства протягом доби, кВт.

$$K_{3Г} = \frac{946,004}{1941,182} = 0,487;$$

$$K_{3Г.ACKOE} = \frac{970,189}{1666,828} = 0,582.$$

Бачимо, що споживання електроенергії підприємствоом в години пікових навантажень зменшились. Дане поліпшення досягається за рахунок можливості АСКОЕ автоматично здійснювати контроль лімітів споживання електричної потужності в часи максимального навантаження енергосистеми.

- коефіцієнт максимуму електричного навантаження за добу:

$$K \frac{P_{max}}{P_c \quad max}; \quad (3.8)$$

$$K \frac{1941,182}{946,004 \quad max};$$

$$K_{max.ACKOE} = \frac{1666,828}{970,189} = 1,718.$$

Коефіцієнт максимального електричного навантаження демонструє те, що навантаження компанії практично рівномірно розподілене в денні періоди доби .

- коефіцієнт нерівномірності:

$$K_H = \frac{P_{min.}}{P_{max}}; \quad (3.9)$$

де P_{min} - мінімальне значення для середнього за годину навантаження підприємства протягом доби, кВт.

$$K_H = \frac{558,641}{1941,182} = 0,288;$$

$$K_{H.ACKOE} = \frac{784,365}{1666,828} = 0,471.$$

Знайдені значення коефіцієнтів нерівномірності з впровадженням а також без застосування АСКОЕ демонструють незначний регрес споживаного навантаження в нічний період доби і вважаються нормальним явищем для споживачів зі змінним навантаженням та не рівномірним режимом роботи.

Застосовуючи плани кількості споживання електроенергії складаються договірні обсяги потужності в періоди ранкового та нічного максимумів навантаження енергетичної мережі, а саме:

- в періоді ранкового максимуму споживання електричного навантаження:

$$P_{MP} = \frac{W_{дод.}}{24 \cdot K_{3P}}; \quad (3.10)$$

$$P_{MP} = \frac{31835,38}{24 \cdot 1,18} = 1124,13 \text{ (Вт)};$$

$$P_{MP.ACKOE} = \frac{27085,955}{24 \cdot 1,22} = 925,07 \text{ (Вт)}.$$

- під час періоду нічного максимуму споживання електричного навантаження:

$$P_{MB} = \frac{W_{дод.}}{24 \cdot K_{3P}}; \quad (3.11)$$

$$P_{MB} = \frac{31835,38}{24 \cdot 0,834} = 1590,49 \text{ (Вт)};$$

$$P_{MB.ACKOE} = \frac{27085,955}{24 \cdot 0,844} = 1337,18 \text{ (Вт)};$$

Підсумки розрахунку використовують для зіставлення рівня поточного навантаження з встановленим договірним рівнем потужності. З розрахунків стає видно, що компанія впевнено виконує умови контракту на використання

електричною енергією щодо застосування потужності в період максимального навантаження енергосистеми.

Розраховані дані заносимо до порівняльної таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Значення поточних параметрів режиму електроспоживання

Показники	Без АСКОЕ	З АСКОЕ
Середньоквадратичне навантаження	75,521	73,443
Середньодобове навантаження	946,004	970,189
Дисперсія	889220,14	935861,35
Середньоквадратичне відхилення	942,984	967,399
Час використання максимальної потужності	16,4	16,25
Коефіцієнт форми	0,0798	0,0759
Коефіцієнт заповнення графіка	0,487	0,582
Коефіцієнт максимуму добового навантаження	2,051	1,718
Коефіцієнт нерівномірності	0,288	0,471
Рівень потужності в години ранкового максимуму	1124,13	925,07
Рівень потужності в години вечірнього максимуму	1590,49	1337,18

Автоматична система для комерційного обліку вважається дієвим засобом зниження комерційних втрат електроенергії. Система комплексно реалізує вирішення питання надійного дистанційного отримання даних з будь-якої точки вимірювання. Крім такого, вона ускладнює несанкціоноване споживання енергії, практично відразу сповіщає про факти втручання в експлуатацію приладів обліку, спрощує виявлення джерела комерційних втрат в досить малі терміни і з найменшими витратами. В даному полягає фінансова ефективність АСКОЕ.

Висновок. У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було запропоновано шлях оптимізації системи електропостачання на підприємстві за рахунок впровадження автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії АСКОЕ.

Використання АСКОЕ на підприємстві дозволить:

- автоматизувати розрахунки із споживачами та з енергопостачальними компаніями;
- самостійно виконувати контроль лімітів споживання електроенергії;
- автоматизувати обмін даними з енергопостачальними підприємствами;

- автономно втілити контроль лімітів споживання потужності в періоди найбільшого навантаження енергосистеми;
- досягти збільшення достовірності, а ще оперативності обліку електроенергії;
- гарантувати автоматичний контроль технічного стану електроенергетичних систем;
- втілити всілякі схеми управління розподілом енергії, а ще потужності на підприємстві з метою скорочення витрат;
- збільшити ефективність функціонування підприємства;
- знизити плату за спожиту енергію.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Сутність техніко-економічного обґрунтування роботи полягає в проведенні підготовчих техніко-фінансових розрахунків, які підтверджуються необхідністю фінансових вкладень в цей енергетичний об'єкт [10].

Необхідність реалізації плану обґрунтовується:

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

Вихідні дані для розрахунку:

- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 323$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{пл}$, грн./рік;

- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 4723$ грн./міс.
- виручка від реалізації продукції $В = 336,42$ (млн. грн./рік);
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 10\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 548,4$ млн.грн;

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{пл} = З \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 4723 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,057 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$С = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{пл}}{d} = \frac{1,38 \cdot 323 \cdot 0,057}{0,1} = 254,072 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = В - С = 336,42 - 254,072 = 82,348 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{op} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{7548,415}{82,348} = 6,7 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{op} = 6,7 < T_{ок} = 10. \text{ (років).}$$

Цей термін не вище нормативного, значить обчислення системи електропостачання вважається вигідним.

В узгодженні зі схемою електричної мережі підприємства, показаної на рисунку 4.1, і початкових даних, наведених в таблицях 4.1, 4.2 1.1, потрібно виконати належні розрахунки:

1. Вирахувати значення 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 та 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	607,421
ТП 2	ТМ-630	2	730,779

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	9	АПвЭБВ(3х25)	2
ЦРП - ТП2	80	АПвЭБВ(3х25)	2

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за використання електроенергії розраховують по тарифам: 2,33765 коп/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

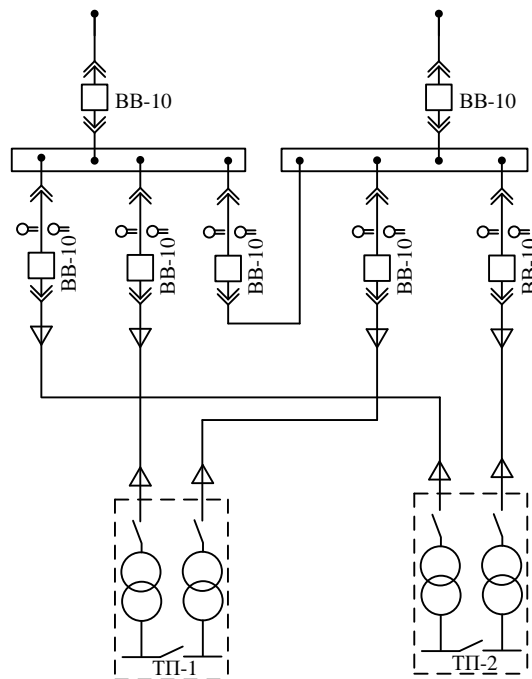


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Обчислення фінансовкладень в лінії електропередач виконуємо по ціні кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.4 і табл.4.5 [10].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

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

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

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість монтування кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (АПвЭБВ(3x25)) в ґрунті II категорії без значень переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L = (83,08 \cdot 2 + 4,22) \cdot 0,009 = 1,53 \text{ (тис.грн).}$$

Аналогічний розрахунок виконуються для інших ліній, результати розрахунків заносимо в таблиця 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(3x25)	2	0,009	83,08	4,22	1,53
ЦРП-ТП2	АПвЭБВ(3x25)	2	0,080	83,08	4,22	13,63
Разом						15,16

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

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

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

$K_{\text{пост}}$ - постійні витрати буквально не знаходяться в залежності від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла, тис.грн. Незмінні витрати прийняти в розмірі 20% від абсолютної ціни всіх підстанцій.

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

$$K_{\text{пс1}} = 358,94 + 71,79 = 430,731 \text{ (тис.грн),}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМ-630	2	358,94	71,79	430,73
КТП-2	ТМ-630	2	358,94	71,79	430,73
Разом:					861,46

Обчислимо сумарну вартість вимикачів. Чисельність вимикачів 10 кВ-7 шт.. Відповідно до порад беремо вартість вимикача 10 кВ рівною (50-65) тис.грн. Сумарна ціна вимикачів:

$$K_B = 7 \cdot 50 = 350 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 861,46 + 350 = 1211,46 \text{ (тис.грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно до цього сумарна розмірність капітальних інвестицій в систему електропостачання підприємствам.

$$K = 15,16 + 1211,46 = 1226,63 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

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

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

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

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

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

Зробимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання і заносимо підсумки в таблицю 3.6.

Планова трудо витратність технічного обслуговування будь-якої 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 [10];

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

h – кількість обладнання в групі.

Здійснено обчислення трудомісткості технічного обслуговування іншого електричного обладнання і заносимо їх підсумки в таблиця 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	n, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю обладнання рем/рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудомісткість люд.-год.	К-сть на одиницю обладнання огл./рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудомісткість люд.-год.
Вимикач 10кВ	7	1	16	112	12	1	84
ТМ-630	4	0,33	120	158,4	12	20	960
Кабельна лінія 25 мм ² , км	0,178	1	46	8,188	1	11,5	2,047
Разом:				278,588			1046,047

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-сть, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.-год.
		Змінність роботи	Коеф. склад. ремонтів К _{ср}	К-сть місяців в році	Загал. трудомісткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ	7	2	0,1	12	268,8	352,8
ТМ-1000	4	2	0,1	12	1152	2112
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0,178	2	0,1	12	19,6512	21,6982
Разом:					1440,4512	2486,498

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{обс} = \frac{2486,4982}{1900 \cdot 1,05} = 1,25. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{тр} = \frac{278,588}{1900 \cdot 1,1} = 0,13. \quad (4.13)$$

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

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для працівників, зайнятих на роботах з експлуатації та обслуговування енергообладнання і мереж, знаходиться за формулою, грн./рік:

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

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

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

де К3, К4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [10];

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

$$C_1 = \frac{3_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

Тоді ставка годинна тарифна становить 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = ((1,18+1,27)/2) \cdot 26,84 = 32,873 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 32,873 \cdot 1900 = 112426,185 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для працівників, які роблять поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати зводиться за формулою, грн./рік:

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

$$t_{гр} = (K4+K5)/2 \cdot C_1, \quad (4.20)$$

де К4, К5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо тарифну годинну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 26,84 = 35,29 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 278,588 \cdot 35,29 = 9830,9 \text{ (грн./рік)}.$$

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.

Розмір основної заробітної плати для експлуатаційних робітників становить:

$$\Phi_{oc} = 1124,26,18 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 141656,99 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 9830,9 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 12878,48 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Розмір додаткової заробітної плати орієнтується в обсязі 15% від фонду провідної заробітної плати. В наслідок цього сумарний розмір фонду з урахуванням додаткової заробітної плати становитиме, грн./рік:

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

$$\Phi_{оед} = 141656,99 \cdot 1,15 = 162905,54 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 12878,48 \cdot 1,15 = 14810,26 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою створення фонду соціального страхування виконуються нарахування на заробітну оплату. З цього фонду кошти витрачаються на оплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток у зв'язку з вагітністю, санаторно-курортні лікування й організація відпусток співробітників, оздоровчі дії для дітей службовців і багато іншого.

Не рахуючи того, на заробітну плату виконуються нарахування до пенсійного фонду та фонду зайнятості. Значить, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються по формулі, грн./рік:

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

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

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

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

Обрахуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 162905,54 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 219922,48 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпр}} = 14810,26 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 19993,85 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

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

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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,

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

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 35951,82$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 479343,1$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{обс} = 219922,48 + 479343,12 = 699265,6 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{пр} = 19993,85 + 35951,82 = 55945,67 \text{ (грн/рік).}$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за виразом:

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

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1226626,443 = 73597,586 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є витрати:

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

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

$$C_{ip}=0,25 \cdot (699265,6 + 55945,67 + 73597,586) = 207202,21 \text{ (грн/рік)}.$$

Після обрахунків всіх значень витрат підприємства, необхідних для розподілення та передавання 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 енергоустаткування і мереж	699265,60	67,50
Витрати на поточний ремонт	55945,67	5,40
Витрати на амортизацію	73597,59	7,10
Інші витрати	207202,21	20,00
Разом	1036011,07	100

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

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

Розрахунок розміру споживання розраховується, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток встановленої (номінальної) потужності всіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин застосування максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

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

Для зразку визначимо щорічні витрати електроенергії для корпусу 1:

$$E_{a1} = 224,15 \cdot 3500 = 784525 \text{ кВт год./ рік .}$$

Для інших цехів аналогічно визначаємо щорічні витрати активної електроенергії. Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

№	Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	T _м , год.	cos φ	P _p , кВт	E _a , кВт·год./рік
1	Корпус №1	2	295,05	3500	0,7	224,15	784525,0
2	Виробничо-побутовий корпус 2	2	248,91	3500	0,75	192,24	672840,0
3	Лабораторний корпус №3	2	308,15	3500	0,8	250,41	876435,0
4	Виробничий корпус №4	2	261,93	3500	0,8	214,41	750435,0
5	Склад ОКСА	2	14,98	3500	0,8	13,1	45850,0
6	ПТО автомобілів	2	9	3500	0,7	6,83	23905,0
7	Їдальня	2	20,96	3500	0,7	16,33	57155,0
8	КПП	2	7,91	3500	0,75	6,15	21525,0
9	Ангар	2	19,06	3500	0,85	16,95	59325,0
10	Склад імпорتنих частин	2	10,46	3500	0,75	8,28	28980,0
11	Склад ОМТС	2	13,81	3500	0,7	11,9	41650,0
12	Адміністративний корпус	2	65,03	3500	0,7	53,64	187740,0
	Разом					1014,390	3550365,0

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

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

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

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

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км (див. табл. 10.25 [1]),

Значення τ обчислюється за часом використання максимального навантаження:

$$\tau_{м} = \left(0,124 + \frac{T_{м}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{3500}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 1968,2 \text{ (год)}, \quad (4.34)$$

Для лінії ЦРП –ТП1:

Активний опір однієї фази кабелю від ЦРП до ТП1.:

$$R = 0,009 \cdot 0,62 = 0,008 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 2 \cdot 17,53^2 \cdot 0,008 \cdot 1968,2 \cdot 10^{-3} = 29,083 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати вносимо в таблиця 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	L, км	I _м , А	R, Ом	τ, год./рік	R _{пит} , Ом/км	ΔE _л , кВт·год.
ЦРП-ТП-1	АПвЭБВ(3x25)	2	0,009	17,53	0,008	1968,16	0,89	29,0832
ЦРП-ТП-2	АПвЭБВ(3x25)	2	0,080	21,10	0,071	1968,16	0,89	374,182
Разом								403,27

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.36)$$

де n - кількість трансформаторів;

ΔP_{кз} і ΔP_{хх} – величини номінальних втрат в трансформаторах, відповідно до цього, при маленькому замиканні і холостому ході, кВт;

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

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

S_н - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_T = 2 \cdot 2,1 \cdot 8760 + (1/2) \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{607,421}{1000} \right)^2 \cdot 1968,2 = 30727,06 \text{ (кВт}\cdot\text{год./рік)}.$$

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	607,421	630	30727,06
КТП-2	ТМ-630	2	1,31	8,5	730,779	630	34206,08
разом							64933,13

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

$$E = E_a + \Delta E_{л} + \Delta E_T; \quad (4.37)$$

$$E = 3550365 + 403,27 + 64933,13 = 3615701,4 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi_1 = 2,33765 \cdot 3615701,4 = 8452244,37 \text{ (грн.)}; \quad (4.38)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість потрібної, споживаної підприємством електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.39)$$

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

E_a – річна чисельність споживаної підприємством електроенергії, тобто без урахування втрат в лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Сумарні витрати підприємства на електроенергію за рік, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\Pi}, \quad (4.40)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

C_{Π} – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, пов'язані з передачею і розподілом електроенергії, тис.грн/рік:

$$C_{\Pi} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ip}}, \quad (4.41)$$

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

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

$C_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\text{п}} = 699265,6 + 55945,67 + 73597,586 + 207202,21 = 1036011,07 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 8452244,373 + 1036011,07 = 9488255,45 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{9488255,45 \cdot 100}{3550365} = 267,25 \text{ (коп./кВтгод.)}.$$

Дані розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	E_a	3550365	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	3615701,40	кВт·год.
Плата за електроенергію	$П_1$	8452244,373	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	$C_{\text{п}}$	1036011,07	грн.
Сумарні витрати під-ва	$C_{\text{сум}}$	9488255,45	грн.
Собівартість ел.енергії	S	267,25	коп/кВт·год.

У цьому розділі МКР було проведено обчислення основних техніко-економічних характеристик спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електроенергії яка становить 267,25 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Упровадження власником на підприємстві системи управління охороною праці дозволяє створити в кожному структурному підрозділі й на кожному робочому місці умови праці, що відповідають вимогам нормативно-правових актів, створення передумов для неухильного зниження показників виробничого травматизму, професійної захворюваності й аварійності. Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності (Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 №2694-12).

В даному розділі за допомогою нормативної літератури з охорони праці здійснено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають у процесі досліджень; оцінка факторів виробничого і трудового процесів, гігієнічна оцінка умов праці, оцінка технічного і організаційного рівня; вказуються рекомендації стосовно покращення умов праці, а також наводяться протипожежні норми. Розглянемо умови праці на ТОВ «Сармат», де здійснюється оптимізація системи електропостачання.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які за ГОСТ 12.0.003-74 впливають на електротехнічний персонал, який обслуговує обладнання ТОВ «Сармат»:

фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря у робочій зоні;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації,
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;

- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- прямий і відбитий блиск;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини;

психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Площа одного робочого місця оператора технологічного обладнання повинна складати не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³.

Конструкція робочого місця електротехнічного персоналу повинна відповідати сучасним вимогам ергономіки, характеру виконуваної роботи і забезпечити оптимальне розміщення на робочій поверхні документів, рухомого пюпітра (тримача документів) та обладнання ПК (монітора, системного блоку, клавіатури, пристрою “миша”, принтера та інших периферійних пристроїв з урахуванням їх кількості та конструктивних особливостей (мал.6).

Монітор на робочому місці встановлюється так, щоб верхній край екрана знаходився на рівні очей.

Розташування монітора ПК має забезпечувати: безпечність роботи в цілому; зручність та ефективність зорової роботи з екраном в вертикальній площині під кутом $\pm 30^{\circ}$ від лінії зору, площа екрана при цьому має бути перпендикулярною нормальній лінії зору користувача.

Клавіатура розміщується на поверхні столу або висувній полиці на відстані 100-300мм від краю, ближчого до користувача. Кут нахилу клавіатури має бути в

межах 5-15⁰. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття 0,4. Клавіші клавіатури мають бути зручними в роботі і м'якими при натисканні (хід всіх клавіш має бути однаковим з мінімальним опором натискання 0,25Н та максимальним – не більше 1,5Н).

Оптимальна робоча поза:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг (застосування підставки є обов'язковим для тих, у кого ноги не дістають до підлоги, коли робоче сидіння знаходиться на висоті, потрібній для забезпечення оптимальної робочої пози);
- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом 70-90⁰ до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20⁰ відносно горизонтальної площини;
- нахил голови – 15-20⁰ відносно вертикальної площини.

Робочий стіл, крісло і інші елементи обладнання робочого місця повинні бути зручними для оператора технологічного обладнання. Так, наприклад, незручне крісло в якому сидять багато годин на день, може призвести до розвитку самих різних захворювань.

Глибина на рівні колін не менше 450, а на рівні витягнутої ноги – не менше 650.

Висота поверхні сидіння робочого крісла має регулюватися в межах 400-500 мм, а кут нахилу поверхні – від 15⁰ вперед і до 5⁰ назад.

При виконанні великого обсягу роботи кращим варіантом (для хребта) буде, якщо сидіння буде трошки нахилене вперед.

Кут нахилу спинки крісла повинен регулюватися в межах 0-30⁰ відносно вертикального положення. Відстань від спинки до переднього краю сидіння повинна регулюватися в межах 260-400 мм.

Для зниження статичного напруження м'язів рук доцільно застосовувати стаціонарні або знімні підлокітники, що регулюються по висоті над сидінням в межах 230 ± 30 мм та по відстані між підлокітниками в межах 350-500 мм.

Поверхня сидіння і спинки робочого крісла має бути напівм'якою з нековзким та повітронепроникним покриттям, що неелектризується та добре чиститься.

Підставка для ніг має бути регульованою по висоті в межах 150 мм, з кутом нахилу опорної поверхні в межах 20° . Її розміри: ширина – не менше 300мм, глибина – не менше 400 мм. Підставка повинна мати не слизьку поверхню та бортик на передньому краї заввишки 10 мм.

Робоче місце електротехнічного персоналу необхідно розташовувати відносно світлових прорізів (вікон) так, щоб природне світло падало збоку, переважно зліва.

5.1.2 Електробезпека

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

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

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений

випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

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

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Роботи пов'язані з обслуговуванням електрообладнання.

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

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

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

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

проводитись робота.

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

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

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

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

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

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

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

при оформленні розпорядження.

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

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

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

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт Па.

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.

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

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

5.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення

У виробничих приміщеннях, як правило, застосовується бічне природне освітлення. В інших приміщеннях допускається штучне освітлення. Добре, якщо вікна, що забезпечують природне освітлення, мають північну орієнтацію. Якщо ні, необхідно вжити заходів, завдяки яким інтенсивний сонячне світло з південних або західних вікон не заважав би роботі. Так, наприклад, віконні прорізи можна обладнати жалюзі, завісами, зовнішніми козирками.

Штучне освітлення

Робота з ПК найчастіше відбувається в приміщеннях з штучним освітленням, яке повинно забезпечувати правильну роботу очей і наближати до оптимальних умов зорове сприйняття, яке буває при природному сонячному освітленні.

У тих випадках, коли одного природного освітлення не вистачає, встановлюється суміщене освітлення. При цьому додаткове штучне освітлення застосовується не тільки в темний, але і в світлий час доби.

Штучне освітлення по характеру виконуваних завдань ділиться на робоче, аварійне, евакуаційне.

Людина має як центральний (колбочковий), так і периферійне (палочковий) зір. Перше – для сприйняття кольорів і об'єктів малих розмірів, друге - для сприйняття навколишнього фону і великих об'єктів. Центральний зір вимагає великої яскравості, а палочкове діє у сутінках або напівтемряві. Враховуючи, що при роботі з дисплеями задіяно саме центральний зір, стає зрозумілою необхідність достатнього освітлення приміщення, де знаходиться комп'ютер. Самі загальні правила організації освітлення полягають у наступному:

1) слід уникати великого контрасту між яскравістю екрану і навколишнього

простору. Оптимальним вважається їх вирівнювання.

2) забороняється робота з комп'ютером в темному або напівтемному приміщенні, Освітлення в приміщеннях з ПК повинно бути змішаним: природним - за рахунок сонячного світла - і штучним.

В якості джерел загального штучного освітлення краще всього використовувати освітлювальні прилади, які створюють рівномірну освітленість шляхом розсіяного або відбитого світлорозподілу (світло від ламп падає безпосередньо на стелю) і виключають відблиски на екрані монітора і клавіатурі. Відповідно до санітарних норм, це мають бути переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ з розсіювачами або екрануючими ґратами. Пульсації світла люмінесцентних ламп діють дратівливо на зір і нервову систему операторів, тому для зменшення коефіцієнта пульсації використовуйте лампи, укомплектовані високочастотними пускорегулюючими апаратами. Слід зазначити, що існують спеціальні люмінесцентні лампи, наприклад, фірми «VitaLight R», які випромінюють світло різного «якості», імітуючи, таким чином, повний спектр природного сонячного світла. Ці лампи менше дратують, ніж будь-які інші лампи штучного освітлення.

Джерела світла необхідно рівномірно розподіляти по кімнаті, komponуючи в суцільні або переривчасті лінії. Лінії повинні розташовуватися збоку від робочих місць паралельно лінії зору користувача - при рядном розміщенні комп'ютерів; локалізовано над робочим столом - при розміщенні робочих місць по периметру приміщення. Грамотна організація освітлення здатна підвищити продуктивність праці при зоровій роботі середньої труднощі - на 5-6%, при дуже важкій - на 15%.

Якщо діяльність користувача є комбінованою, тобто передбачає роботу як з комп'ютером, так і з документами, на робочі місця необхідно встановлювати джерела місцевого освітлення - настільні лампи з регульованим нахилом плафона і регульованою яскравістю. У цьому випадку треба стежити, щоб світло від лампи не діяв дратівливо і не створював відблисків на екрані.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, роботи з розробки радіовимірювальних перетворювачів вологості нафтопродуктів, потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в».

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,3 до 0,5 включно	III	в	малий середній великий	світлий середній темний	600	200	-	3,0

5.2.3 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.1)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

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

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

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

Таблиця 5.3 – Рівень звукового тиску

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

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.4 Виробничі вібрації

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

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка

діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.4 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Zo, Yo, Xo	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

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

5.2.5 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори вибираються відповідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, затвердженої Наказом Міністерства охорони здоров'я № 528 від 27 грудня 2001 року.

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Вільна зручна поза, можливість зміни пози (сидячи, стоячи) за бажанням працівника. Знаходження в позі стоячи до 40% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 250

Нахили корпусу (вимушені, більше 30), кількість за зміну: до 50

Переміщення у просторі (переходи, обумовлені технологічним процесом протягом зміни), км

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

Зміст роботи: Сприймання сигналів, але без потреби в корекції дій, Обробка та виконання завдання, Робота за індивідуальним планом

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) до 25

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи до 75

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) до 2

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 100% до 90%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) до 16

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за виконання окремих елементів завдання. Вимагає додаткових зусиль в роботі з боку працівника

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово більше 10

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) більше 100

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) менше 75

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, достатньої тривалості 7% і більше часу зміни

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «САРМАТ» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. ТОВ «Сармат» відноситься до підприємств перебоїв в роботі якого можуть спричинити низку негативних факторів у економіці, тому важливим питанням є забезпечення високої стійкості роботи його СЕП.

Дія радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем управління СЕП. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і загорання трансформаторів.

В результаті опромінення системи в регуляторах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробою і опір витoku, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Серед загрозливих чинників надзвичайних ситуацій особливо великий вплив на СЕП має вплив електромагнітного імпульсу. Він може призвести до загорання

чутливих електричних та електронних елементів, зокрема транзисторів КТ-646, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликає коротке замикання. Ці наслідки в подальшому призводять до пожеж на підприємстві, а в подальшому розвитку можливі і вибухи. Саме тому є необхідність запобіганню при дії цього фактору на електричне та електронне обладнання.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Сармат» в умовах дії іонізуючих випромінювань

Визначаємо граничні значення дози опромінення $D_{грi}$, для елементної бази системи, при яких виникають незворотні зміни [15]. Отримані дані заносимо в таблицю 5.5.

Таблиця 5.5 – Граничні значення експозиційних доз

№	Блоки (підсистеми)	Елементна база	$D_{грi}, P$	$D_{гр}, P$
1	Блок живлення	Мікросхема К 155 РЕЗ	10^5	10^4
2	Блок управління СВП-4 та автоматики	Транзистори КТ-646	10^4	
		Діоди Д220А	10^4	
		Конденсатори СП5-30	10^7	
		Резистори ПЭВ 100-150 Ом	10^7	
3	Підсистема силових елементів	Трансформатор ТМ-100/6	10^7	
		Тиристори Т171-320-1.6	10^5	
		Дросель РЛМ3216	10^5	
		Реактори ФРОС-125/0.5УЗ	10^5	

Проаналізувавши дані таблиці 5.5 визначили, що самим уразливим елементом системи з мінімальною дозою $D_{грi} = 10^4 P$ є транзистори та діоди а також елементи блоку живлення. Блок живлення в разі дії на нього іонізуючих випромінювань

можна перенести в підвальне приміщення, що збільшить його стійкість. Визначаємо можливу дозу опромінення за формулою:

$$D_m = \frac{2 \cdot P_1 (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{\text{п}}})}{K_{\text{осл}}}, \quad (5.2)$$

де P_1 – максимальне значення рівня радіації ($P_1 = 4,33$ Р/год);

t_k – час кінця опромінення ($t_k = 131400$ год (5 років));

$t_{\text{п}}$ – час початку опромінення ($t_{\text{п}} = 1$ год).

$K_{\text{осл}}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{\text{осл}} = 1$).

$$D_m = \frac{2 \cdot 4,33 (\sqrt{131400} - \sqrt{1})}{1} = 3349,57 \text{ (Р)}.$$

Оскільки $D_{\text{гр}} > D_m$, то дана система стійка до дії радіації. Визначимо допустимий час роботи РЕА в заданих умовах за формулою:

$$t_d = \frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{осл}} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1}, \quad (5.3)$$

$$t_d = \frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 4,33 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 4,33} = 1080,21 \text{ (год)}.$$

Отже, можливо доза опромінення елементної бази $D_m = 3349,57$ Р, а допустима – 10^4 Р. Отже, управління та автоматики є стійким в умовах дії іонізуючого випромінювання. Допустимий час роботи системи електропостачання в цілому в заданих умовах становить 1080,21 год., при рівні радіації 4,33 Р/год. Це достатньо в умовах НС для першочергових заходів по захисту елементів критичної інфраструктури.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи СЕП ТОВ «Сармат» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Визначимо горизонтальну складову напруженості електромагнітного поля:

$$E_r = E_b \cdot 10^{-3}, \text{ кВ/м,}$$

$$E_r = 10,83 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} = 10,83 \text{ (В/м)}.$$

Визначаємо горизонтальну та вертикальну напругу наводки [15].

$$U_{\Gamma i} = E_B \cdot l_{\Gamma i}, \text{ В,}$$

$$U_{\Gamma i} = 10,83 \cdot 10^3 \cdot 0,5 = 5415 \text{ (В).}$$

$$U_{B i} = E_{\Gamma} \cdot l_{B i}, \text{ В,}$$

$$U_{B i} = 10,83 \cdot 0,5 = 5,415 \text{ (В).}$$

Визначаємо допустимі коливання напруги живлення для різних блоків:

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

де N – відсоток допуску.

$$U_{\text{д}} = 12 + \frac{12}{100} \cdot 5 = 12,6 \text{ (В),}$$

$$U_{\text{д}} = 24 + \frac{24}{100} \cdot 5 = 25,2 \text{ (В),}$$

$$U_{\text{ä}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 5 = 399 \text{ (В).}$$

Визначаємо коефіцієнти безпеки для кожної ділянки:

$$K_{\text{с}} = 20 \cdot \lg \frac{U_{\text{д}}}{U_{\Gamma(B)}} \geq 40 \text{ [дБ],}$$

Горизонтальної:

$$K_{\text{с}\Gamma 1} = 20 \cdot \lg \frac{12,6}{5415} = -32,77 \text{ (дБ),}$$

$$K_{\text{с}\Gamma 2} = 20 \cdot \lg \frac{25,2}{5415} = -46,56 \text{ (дБ),}$$

$$K_{\text{с}\Gamma 3} = 20 \cdot \lg \frac{399}{5415} = -22,62 \text{ (дБ).}$$

Вертикальної:

$$K_{\text{с}B 1} = 20 \cdot \lg \frac{12,6}{5,415} = 7,35 \text{ (дБ),}$$

$$K_{\text{с}B 2} = 20 \cdot \lg \frac{25,2}{5,415} = 13,35 \text{ (дБ),}$$

$$Kb_{в3} = 20 \cdot \lg \frac{399}{5,415} = 37,35 \text{ (дБ)}.$$

Отримані дані заносимо в таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 – Значення коефіцієнтів безпеки системи управління та автоматики СЕП ТОВ «Сармат»

№	Найменування блоків	$Kb_{г}$, дБ	$Kb_{в}$, дБ	Результат дії
1	Блок живлення, 12 В	-32,77	7,35	Нестійкий
2	Блок управління та автоматики, 24 В	-46,56	13,35	Нестійкий
3	Силові елементи, 380 В	-22,62	37,35	Нестійкі

Границя стійкості системи керування $Kb_{\min} = -46,56$ дБ, а $Kb_{гр} = 37,35$. Отже, система є нестійкою в умовах дії електромагнітного імпульсу. Для підвищення стійкості необхідно використовувати екранування напівпровідникових елементів та горизонтальних струмопровідних елементів.

Перехідне гасіння енергії електричного поля екраном для сталі:

$$A = 40 + Kb_{\min}, \quad (5.5)$$

Для БЖ:

$$A_1 = 40 + 32,77 = 72,77 \text{ (дБ)};$$

Для БУА:

$$A_2 = 40 + 46,56 = 86,56 \text{ (дБ)};$$

Для СЕ:

$$A_3 = 40 + 22,62 = 62,62 \text{ (дБ)}.$$

Розрахуємо товщини захисних екранів:

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

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

Для БЖ:

$$t_1 = \frac{72,77}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,11 \text{ (см)};$$

Для БУА:

$$t_2 = \frac{86,56}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,13 \text{ (см);}$$

Для СЕ:

$$t_3 = \frac{62,62}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,099 \text{ (см).}$$

Отже, при екрануванні блоку живлення та блоку керування з використанням екрану товщиною 0,13 см зі сталі, система керування буде стійкою в умовах дії електромагнітного імпульсу, при екрануванні силових елементів з використанням екрану товщиною 0,099 см, силові елементи будуть стійкими в умовах дії електромагнітного імпульсу.

Висновки

Отже, розрахунки показали, що в умовах дії іонізуючого випромінювання система електропостачання ТОВ «Сармат» залишається стійкою. Тому іонізуюче випромінювання для обладнання не є таким небезпечним, як для обслуговуючого персоналу. Для нормальної роботи об'єкта під час аварій з такими наслідками, як іонізуюче випромінювання, потрібно розраховувати робочі зміни для обслуговуючого персоналу з врахуванням їх допустимої дози опромінення.

Після проведених розрахунків також визначено, що робота системи електропостачання стійка при заданому рівні радіації 4,33 Р/год. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. Застосування пасивного екранування системи управління і автоматики СЕП суттєво підвищує її стійкість в умовах впливу електромагнітного імпульсу.

В результаті застосування екранів система буде працювати стійко аж до значення напруженості вертикальної складової 10,83 кВ/м. Ще одним варіантом підвищення стійкості апаратури до дії ЕМІ є зменшення довжин струмопровідних провідників шляхом вдосконалення схемокомпоновки елементів управління та автоматики СЕП. Крім цього необхідно екранувати кабелі живлення, а також застосувати прилади, які б вимикали електронні схеми на період впливу ЕМІ.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі були розглянуті та вирішені задачі для оптимізації системи електропостачання ТОВ «САРМАТ» зі застосуванням автоматизації обліку електроенергії, наслідком яких є такі проектні рішення.

Було проведено розрахунок навантажень в цілому підприємства та цехів поодиночі методами коефіцієнтів попиту та використання згідно діючих норм. Також, проведено автоматизоване обчислення потужності, кількості та місця розташування цехових ТП, а саме для СЕП компанії, подходящим є використання двох двотрансформаторних ЦТП марки ТМ – 630/10. Вибрано переріз кабельних ліній живлення оптимальний для нашого підприємства. Доцільно реалізовувати живлення підприємства від підстанції кабельними лініями 10 кВ марки АПвЭБВ-10 3x50 мм² L = 1,3 км. Знайдено оптимальний переріз КЛ 10 кВ мережі, які прокладені в траншеях маркою АПвЭБВ-10 перерізом 25 мм².

Визначено місце розташування ЦРП згідно з мінімальною кількістю приведених затрат. При даному розміщенні ЦРП витрати на спорудження СЕП стануть мінімальними.

В науково-дослідній частині роботи було запропоновано оптимальні режими роботи автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії на підприємстві.

Показано, що впровадження АСКОЕ в СЕП підприємства забезпечує:

- обмін даними АСКОЕ споріднених організацій;
- обслуговування та експлуатацію вимірювальних комплексів контролю і обліку електроенергії ТОВ «САРМАТ»;
- збір, збереження та обробку даних з вимірювальних комплексів електроенергії ТОВ «САРМАТ»;
- формуванням звітних документів.

Також було проведено обчислення основних економічних показників спроектованої СЕП. Знайдено капіталовкладення, експлуатаційні витрати, собівартість електричної енергії.

Значна увага в магістерській кваліфікаційній роботі приділена охороні праці та безпеці життєдіяльності ТОВ «САРМАТ».

При виконанні МКР були дотримані вимоги ПУЕ, ПТЕ та інших нормативних документів щодо надійності, а також якості електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х.: Міненерговугілля України, 2014.
2. ГОСТ 14209-97 «Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов».
3. ГОСТ 839-80 «Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия».
4. РД 153-34.0-15.501-00 «Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии».
5. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця: ВНТУ, 2005р.
6. СНиП II-4.79 – «Естественное и искусственное освещение».
7. СНиП 23-05-95 – «Естественное и искусственное освещение».
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения/Под ред. Г.М. Кнорринга. -Л.: Энергия, 1976.-384с.
9. РТМ 36.18.32.4-92 – «Методика расчёта электрических нагрузок».
10. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.
11. Электроснабжение: учебное пособие по дипломному проектированию / Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Ю.П. Попов.– Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
12. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
13. Електропостачання промислових підприємств (Курсове проектування). Навч., посібник/М. Й.Бурбело .- Вінниця:ВДТУ ,1998-104с.
14. ГОСТ 12.0.003-74 – «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
15. ДНАОП 0.03-3.01-71 – «Санитарные нормы проектирования

промышленных предприятий».

16. ГОСТ 12.1.008-83 - «Шум. Общие требования безопасности».

17. ГОСТ 12.1.012.-90 - «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования».

18. Методичні вказівки щодо опрацювання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей /Уклад. О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко – В. : ВНТУ, 2003.- 46 с.

19. ГОСТ 12.0.003 – 74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.

20. ГОСТ 12.1.030 – 81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

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

22. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

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

24. Тарифи на електроенергію для споживачів ПАТ "Хмельницькобленерго" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.hoe.com.ua/index_21.html

25. Каталог конденсаторних установок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php>

26. Кабельно-провідникова продукція [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>

27. Трансформатори силові [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>

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

29. Впровадження АСКОВЕ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ukrenergexport.com/uk/content/впровадження-аское

30. Внедрение систем учета АСКУЭ/ЛОСОД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eneko.ua/ua/p/vprovadzhennya-sistem-obliku-askoelozod/>

31. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч.

посібник / Г. Г. Півняк, С. І. Випанасенко, О. І. Хованська та ін. – Д. : Національний гірничий університет, 2013. – 214 с

32. Концепція побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку» (затверджена спільним наказом Мінпаливенерго, НКРЕ, Держкоменергозбереження, Держстандарту, Держбуду, Держпромполітики № 32/28/28/276/75/54 від 17.04.2000 р.

33. АИИС КУЭ при технологическом присоединении. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.spazint.ru/tex-prisoedinenie/aiis-kue-i-rza.html>

34. Єроміна, М.А Розвиток автоматизованих систем комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ) // Молодий вчений. - 2015. - №3. - С. 135-138.

35 ТОВ «САРМАТ»: Головна сторінка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://sarmat.business-guide.com.ua/>

36. СН 32.23-85 "Санитарные нормы допустимого шума на рабочих местах".

37. ГОСТ 13109-97. Межгосударственный стандарт. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Введ. в Украине с 01. 01. 99.

38. Гольстрем В. А. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. – К. : Техніка, 1985. – 383 с.

39. Рядно А.О., Шулле Ю.А. Техніко-економічний розрахунок проектування і експлуатації систем електропостачання промислового підприємства / XLVIII Науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2019) // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/allvntu/all-feeem-2019/schedConf/presentations>

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ____ ” _____ 2020р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. _____
“ ____ ” _____ 2020 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Оптимізація системи електропостачання Товариства з обмеженою
відповідальністю «САРМАТ»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 19м

Рядно А.О. _____
(підпис)

Вінниця 2021 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .20р.

Дата початку роботи ____ . ____ .20р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .20р.

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

а) мета – оптимізація системи електропостачання ТОВ «САРМАТ» за рахунок використання автоматизації обліку електроенергії на підприємстві;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

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

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

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

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

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

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

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

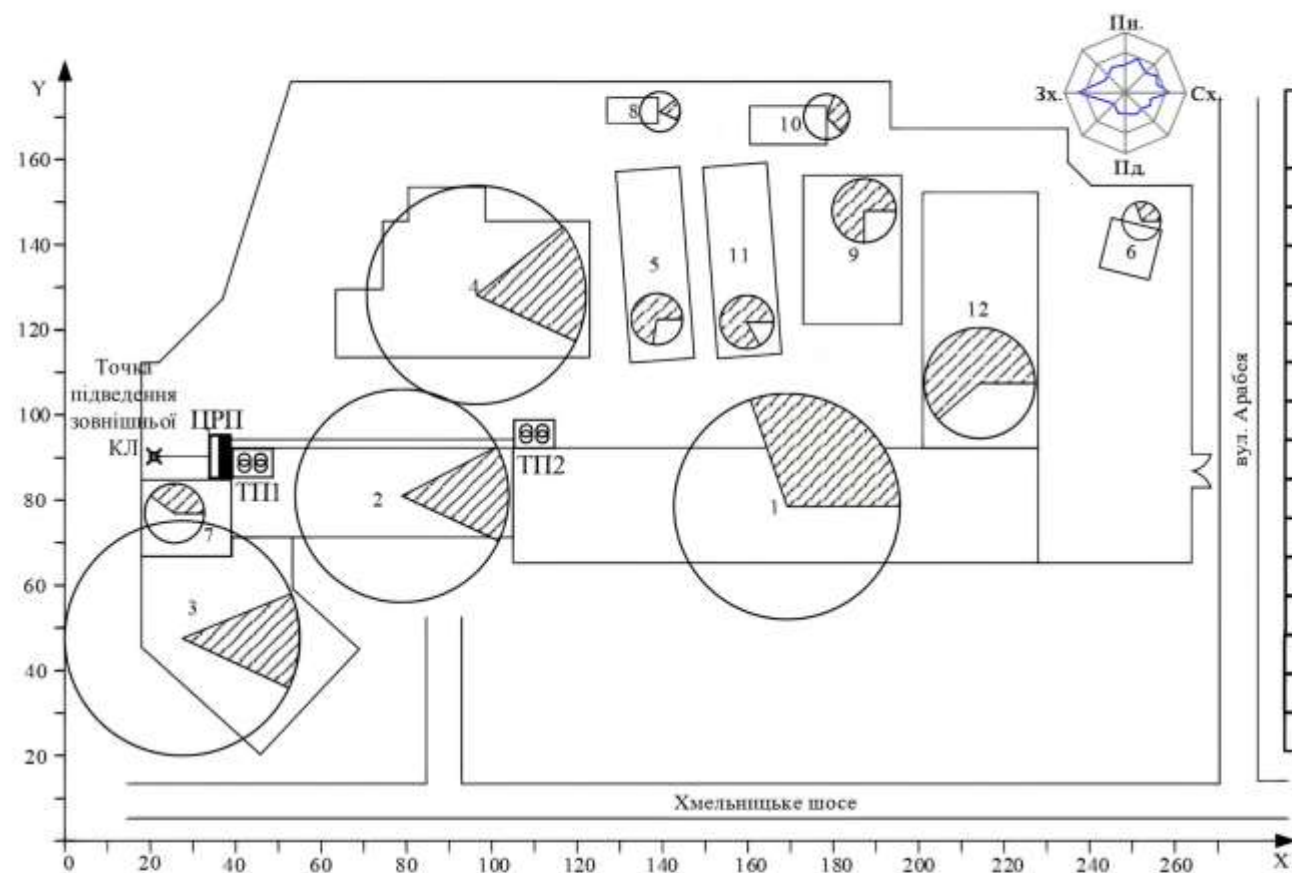
7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б – Генплан підприємства



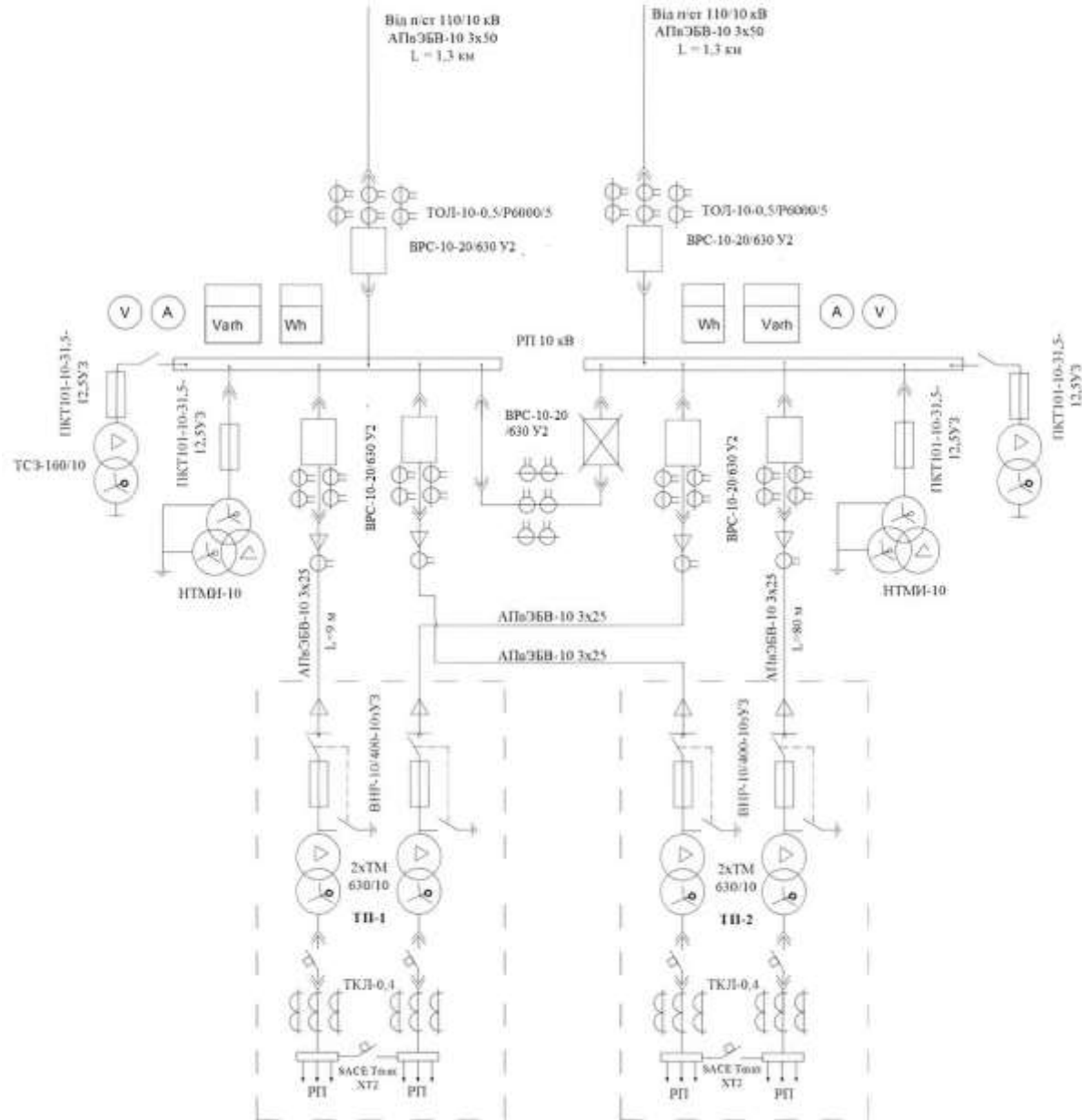
Експлікація будівель та споруд

№ на генплані	Найменування	Рн, кВт
1	Корпус №1	780
2	Виробничо - побутовий корпус №2	364
3	Лабораторний корпус №3	440
4	Виробничий корпус №4	352
5	Склад ОКСА	8
6	ІТО автомобілів	16
7	Їдальня	28
8	КПП	16,8
9	Ангар	12
10	Склад імпортих частин	12
11	Склад ОМТС	8
12	Адміністративний корпус	68
	ЦРП	
	ТП 1	ТМ 2х630
	ТП 2	ТМ 2х630

Умовні позначення

- Двотрансформаторна ТП
- ЦРП 10 кВ
- Точка підведення зовнішньої КЛ
- КЛ 10 кВ

Додаток В – Однолінійна схема живлення підприємства



Додаток Г - Основні напрямки енергозбереження на підприємствах



Додаток Д - Розробка та впровадження автоматичної системи комерційного обліку електроенергії на підприємстві

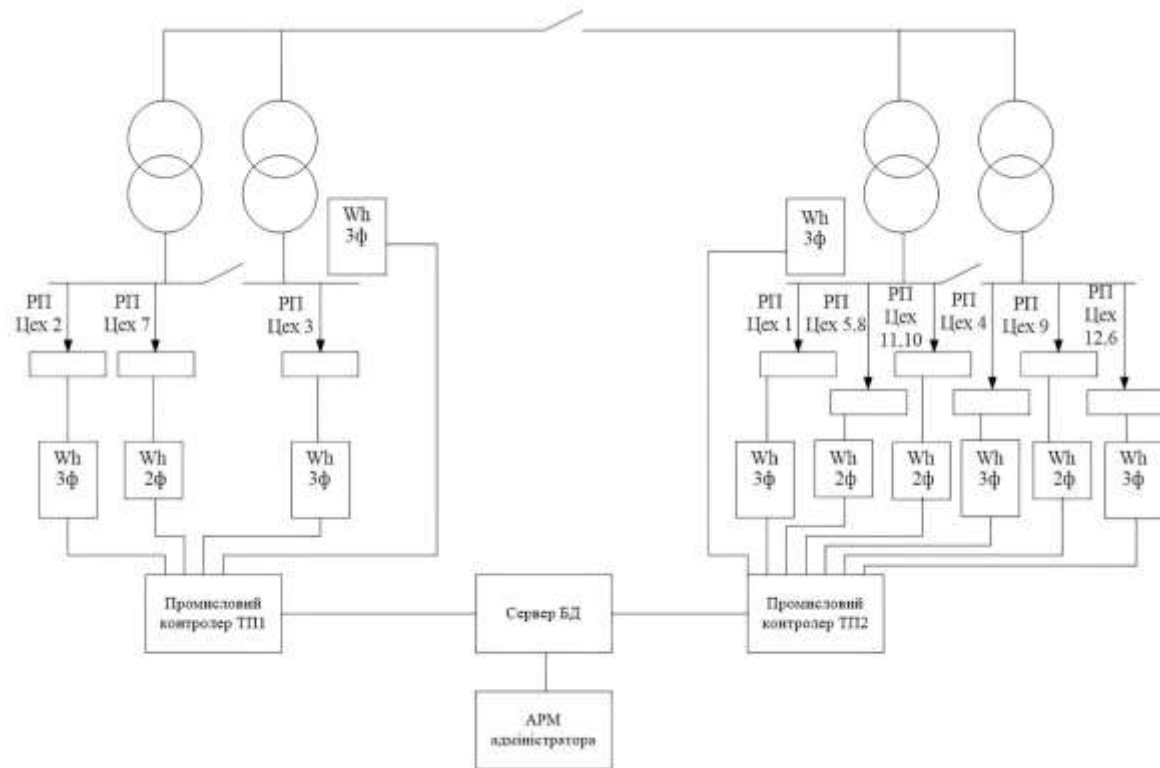
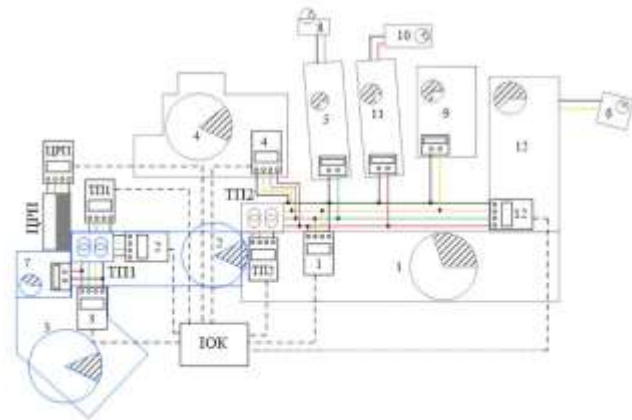


Схема реалізації системи АСКОЕ на ТОВ «САРМАТ»

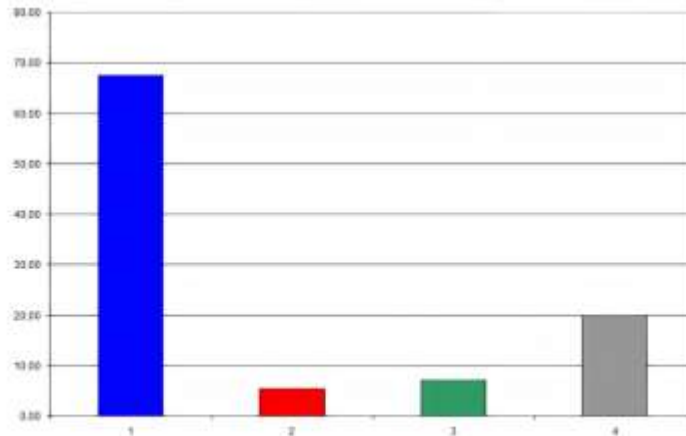
Додаток Є - Техніко-економічні показники СЕП

Сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства	1226,63 тис грн
Загальна потреба підприємства в електроенергії	3615701,4 кВт*год/рік
Тариф	233,765 грн/кВт*год
Оплата за спожиту електроенергію	8452244,37 грн
Собівартість спожитої електроенергії	267,247 грн/кВт*год

Підсумкова таблиця

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел енергії	E_a	3550365	кВт год
Річне споживання ел енергії із втратами	E	3615701,40	кВт год
Плата за електроенергію	$П_1$	8452244,373	грн
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	C_n	1036011,07	грн
Сумарні витрати під-ва	$C_{сум}$	9488255,45	грн
Собівартість ел енергії	S	267,25	коп/кВт год

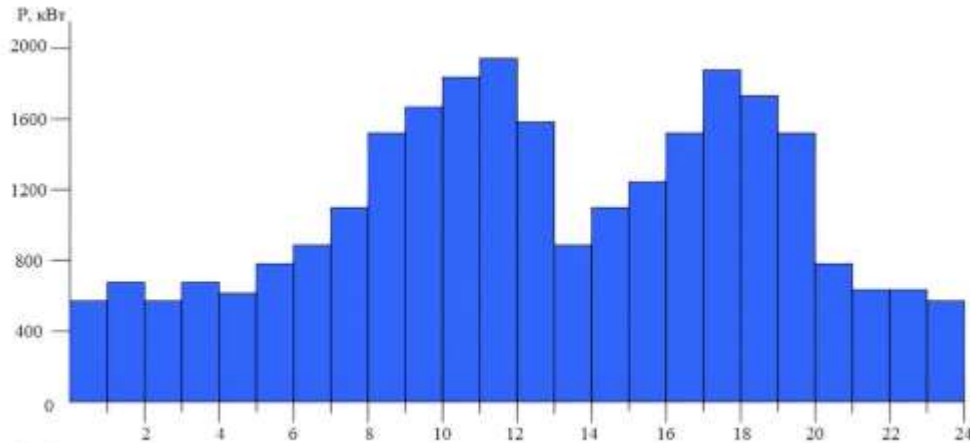
Гістограма кошторису річних поточних витрат



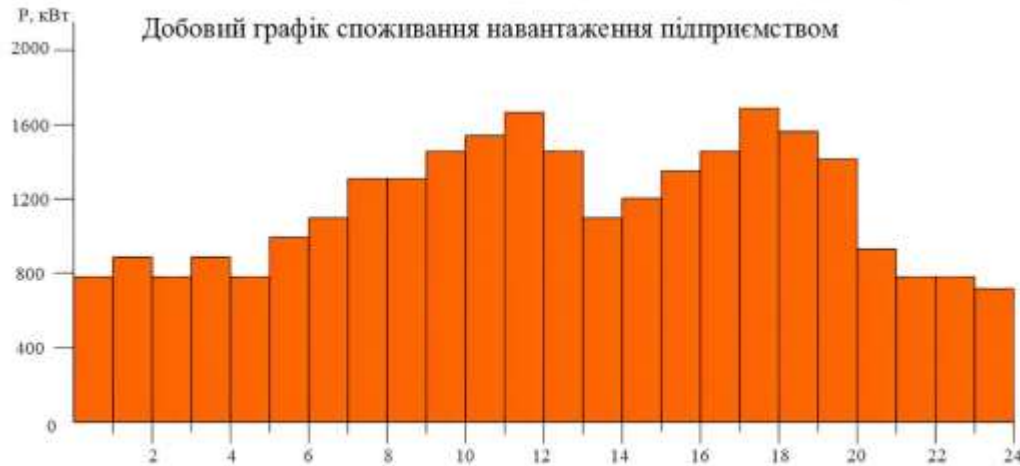
Таблиця кошторису річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Рн, кВт
Витрати по експлуатації обладнання	699265,60	67,50
Витрати на поточний ремонт	55945,67	5,40
Витрати на амортизацію	73597,59	5,40
Інші витрати	207202,21	20,00
Разом	1036011,07	100

Додаток Ж - Значення параметрів режиму електроспоживання

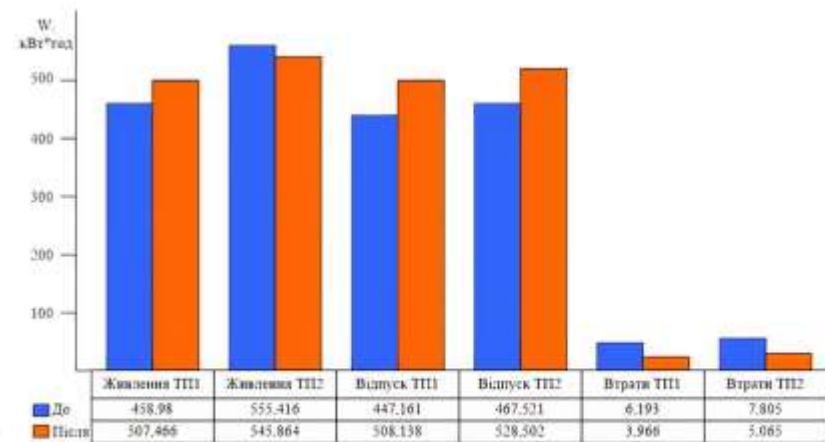


Добовий графік споживання навантаження підприємством



Добовий графік споживання навантаження підприємством після впровадження АСКОЕ

Показник	Без АСКОЕ	З АСКОЕ	Похибка, %
Середньодобове навантаження	946,004	970,189	
Середньоквадратичне навантаження	75,521	73,443	
Дисперсія	889220,14	935861,35	
Середньоквадратичне відхилення	942,984	967,399	
Час використання максимальної потужності	16,4	16,25	
Коефіцієнт форми	0,0798	0,0759	
Коефіцієнт заповнення графіка	0,487	0,582	
Коефіцієнт максимуму добового навантаження	2,051	1,718	
Коефіцієнт нерівномірності	0,288	0,471	
Рівень потужності в годині ранкового максимуму	1124,13	925,07	
Рівень потужності в годині вечірнього максимуму	1590,49	1337,18	



Баланс по ТП до і після впровадження АСКОЕ

