

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: «Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних
мережах Приватного акціонерного підприємства «Вінницький завод «Маяк»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-18м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Задворний М.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доцент Демов О.Д.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 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»
Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСЕМ
д.т.н.проф. Бурбело М.Й.

„____” _____ вересня 2019 р

ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
Задворному Максиму Сергійовичу

1. Тема роботи: Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах Приватного акціонерного підприємства «Вінницький завод «Маяк»
керівник роботи: Демов Олександр Дмитрович, к.т.н., доцент,
затверджена наказом по ВНТУ від « ____ » _____ 2019 року, № ____
2. Строк подання студентом роботи «04» грудня 2019 року
3. Вихідні дані до роботи: план підприємства, дані про навантаження.
Публікації з питань компенсації реактивної потужності в мережах промислових підприємств.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
Анотація.
Вступ.
1. Аналіз компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».
- 1.1 Аналіз основних засобів компенсації реактивної потужності.
1.2 Заходи та технічні засоби компенсації реактивної потужності.
2. Вибір схеми електропостачання ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».
- 2.1 Характеристика та дані про навантаження підприємства.
2.2 Розрахунок параметрів електричної мережі підприємства.
2.3 Вибір і розміщення цехових ТП.
2.4 Вибір елементів заводської мережі та його схеми.
2.5 Розрахунок параметрів елементів системи.
3. Дослідження компенсації і регулювання реактивної потужності на ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».
- 3.1 Аналіз методу компенсації реактивної потужності за економічною ефективністю.
3.2 Використання методу компенсації реактивної потужності за економічною ефективністю для електричних мереж ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».
3.3 Аналіз методу компенсації реактивної потужності за відносними спадами напруг в електричній мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».
3.4 Використання методу компенсації реактивної потужності за економічною ефективністю для електричних мереж ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».
- 4 Економічна частина.
- 4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання.
4.2 Розрахунок поточних витрат.
4.3 Розрахунок собівартості електроенергії.
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

- 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту
 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії
 5.3 Дослідження стійкості роботи ел. мереж в умовах надзвичайних ситуацій.
 5.4 Висновки

Список використаної літератури

Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		
Економічна частина	Демов О.Д., к.т.н., доцент		
Спеціальна частина	Демов О.Д., к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Войтюк Ю.П., к.т.н., ст. викладач		

7. Дата видачі завдання « 23 » вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір схеми електропостачання ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	11.10.2019	
2	Аналіз компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	19.10.2019	
3	Дослідження компенсації і регулювання реактивної потужності на ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	07.11.2019	
4	Економічна частина роботи	10.11.2019	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	28.11.2019	
6	Написання пояснювальної записки	03.12.2019	

Студент

_____ (підпис)

Задворний М. С.

(прізвище та ініціали)

Керівник магістерської роботи

_____ (підпис)

Демов О.Д.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Задворний Максим Сегрійович. Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах Приватного акціонерного підприємства «Вінницький завод «Маяк». Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка –Вінниця:ВНТУ, 2019 – 104 с.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено компенсацію реактивної потужності ПРАТ Вінницький завод «Маяк».

В першому розділі наведено теоретичні відомості, щодо даного питання вироблений план дій для вирішення поставленого завдання, проведено аналіз наявних методик та їх необхідність та ефективність

В другому розділі вибрано тип системи електропостачання ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», та проведено розрахунки, що необхідні для подальшого виконання дослідження.

В третьому розділі виконано дослідження компенсації реактивної потужності в мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк», за методами, що пропонують певні переваги над класичними, та є більш раціональними з економічної точки зору.

Розраховано основні техніко-економічні показники системи електропостачання підприємства.

Розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: електричні мережі, установки компенсації, реактивна потужність, конденсаторні батареї.

АННОТАЦИЯ

Задворный Максим Сергеевич. Исследование компенсации реактивной мощности в электрических сетях Частного акционерного предприятия «Винницкий завод «Маяк». Магистерская квалификационная работа. Специальность 141 – Электроэнергетика, электротехника и электромеханика – Винница: ВНТУ, 2019 - 104 с.

В магистерской квалификационной работе исследована компенсация реактивной мощности ЧАО Винницкий завод «Маяк».

В первом разделе проведено теоретические сведения, к данному вопросу, разработан план действий для выполнения поставленной задачи, проведен анализ существующих методик и необходимость и эффективность.

Во втором разделе выполнено избран тип системы электроснабжения ЧАО «Винницкий завод «Маяк», выполнены расчеты, необходимые для дальнейшего исследования.

В третьем разделе выполнено исследование компенсации реактивной мощности в сетях ЧАО «Винницкий завод «Маяк», по методикам, что предлагают определенные преимущества по сравнению с классическими, и являются более рациональными с экономической точки зрения.

Рассчитаны основные технико-экономические показатели системы электроснабжения.

Рассмотрены вопросы охраны труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Ключевые слова: электрические сети, установки компенсации, реактивная мощность, конденсаторная батарея

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»»	8
1.1 АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЗАСОБІВ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ	8
1.2 ЗАХОДИ ТА ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	9
РОЗДІЛ 2. ВИБІР СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»».....	20
2.1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ДАНІ ПРО НАВАНТАЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВА.....	20
2.2 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ПІДПРИЄМСТВА.	22
2.3 ВИБІР І РОЗМІЩЕННЯ ЦЕХОВИХ ТП	26
2.4 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ЗАВОДСЬКОЇ МЕРЕЖІ ТА ЙОГО СХЕМИ.....	33
2.5 РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ СЕП.....	38
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ПРАТ "ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД МАЯК"	40
3.1 АНАЛІЗ МЕТОДУ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗА ЕКОНОМІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ.	40
3.2 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗА ЕКОНОМІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»».....	44
3.3 АНАЛІЗ МЕТОДУ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗА ВІДНОСНИМИ СПАДАМИ НАПРУГ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»»....	49
3.4 ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДУ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ ЗА ЕКОНОМІЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ДЛЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»».....	50
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	56
4.1 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ В СИСТЕМУ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	57
4.2 РОЗРАХУНОК ПОТОЧНИХ ВИТРАТ	59
4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі	59
4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	62
4.2.3 Планування вартості витратних матеріалів.	66
4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	68
4.3. РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ	69
4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	69
4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	72
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	75

5.1	ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З БЕЗПЕЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ	76
5.1.1	Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	76
5.1.2	Електробезпека	81
5.2	ТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ З ГІГІЄНИ ПРАЦІ ТА ВИРОБНИЧОЇ САНІТАРІЇ	83
5.2.1	Мікроклімат	83
5.2.2	Склад повітря робочої зони	85
5.2.3	Виробниче освітлення	85
5.2.4	Виробничий шум	88
5.2.5	Вібрація	89
5.2.6	Психофізіологічні фактори	90
5.3	ДОСЛІДЖЕННЯ СТІЙКОСТІ РОБОТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»» В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ.....	92
5.3.1	Дослідження стійкості роботи електричних мереж ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах дії іонізуючого випромінювання.....	94
5.3.2	Дослідження стійкості роботи елементів електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	96
5.3.3	Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи елементів електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах надзвичайних ситуацій.....	98
5.4	ВИСНОВКИ.....	99
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	101
	ДОДАТКИ	106

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення завдання компенсації реактивної потужності в електричних мережах передбачає вибір доцільних математичних методів і моделей реалізації завдань оптимізації мереж, вибір оптимальних конфігурацій і параметрів розподільчих електричних мереж, рішення науково-технічної проблеми дослідження потоків технічної інформації, а також комплексу завдань з оцінки достовірності вихідної інформації, дослідження її впливу на розрахунок і оптимізацію параметрів режиму, визначення необхідного ступеня і шляхів уточнення вихідних даних і вибору доцільних розрахункових моделей з розробкою програмного забезпечення цих завдань.

Математичні моделі оцінки та оптимізації параметрів конфігурації розподільчих електричних мереж зазвичай є досить громіздкими, тому практичне застосування аналітичних методів в значній мірі залежить від обґрунтованості припущень, прийнятих при розрахунках, що здійснюються для систем електропостачання, відносяться до класу складних систем.

Реактивна потужність визначається величиною намагнічуваної потужності, яка необхідна для окремих елементів електроустановки, які розташовані за даною точкою в напрямку передачі енергії.

Реактивний струм додатково навантажує лінії електропередачі, що призводить до збільшення перерізів проводів і кабелів і відповідно до збільшення капітальних витрат на зовнішні і внутрішньо майданчикові мережі. Реактивна потужність разом з активною потужністю враховується постачальником електроенергії, а отже, підлягає оплаті по тарифах, що діють, тому складає значну частину рахунку за електроенергію.

Метою написання магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод Маяк».

Об'єкт дослідження. Електричні мережі ПРАТ «Вінницький завод Маяк».

Предмет дослідження. Методи, математичні моделі та засоби забезпечення.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розглянуті засоби реактивної потужності можна застосувати на практиці в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПРАТ «ВІННИЦЬКЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»»

1.1 Аналіз основних засобів компенсації реактивної потужності .

Забезпечення завдання підвищення пропускної здатності в електричних мережах передбачає вибір доцільних математичних методів і моделей реалізації завдань оптимізації, рішення науково-технічної проблеми дослідження потоків технічної інформації, а також комплексу завдань з оцінки достовірності вихідної інформації, дослідження її впливу на розрахунок і оптимізацію параметрів режиму, визначення необхідного ступеня і шляхів уточнення вихідних даних і вибору доцільних розрахункових моделей з розробкою програмного забезпечення для цих завдань [2].

Математичні моделі оцінки та оптимізації для протяжних ліній електропередач зазвичай є досить громіздкими, тому практичне застосування аналітичних методів в значній мірі залежить від обґрунтованості припущень, прийнятих при розрахунках, що здійснюються для систем електропостачання, які відносяться до класу складних систем.

В даний час велика увага приділяється методом компенсації реактивної потужності.

Відомо що компенсація реактивної потужності є комплексним завданням, вирішення якого є пріоритетним з економічної точки зору, як для окремого підприємства так і в цілому для енергосистеми. Питання компенсації реактивної потужності - одне з найважливіших в плані регулювання режимів електроспоживання і обмеження максимумів навантаження на промислових підприємствах. Наслідки транспортування реактивної потужності наведені на рисунку 1.1.

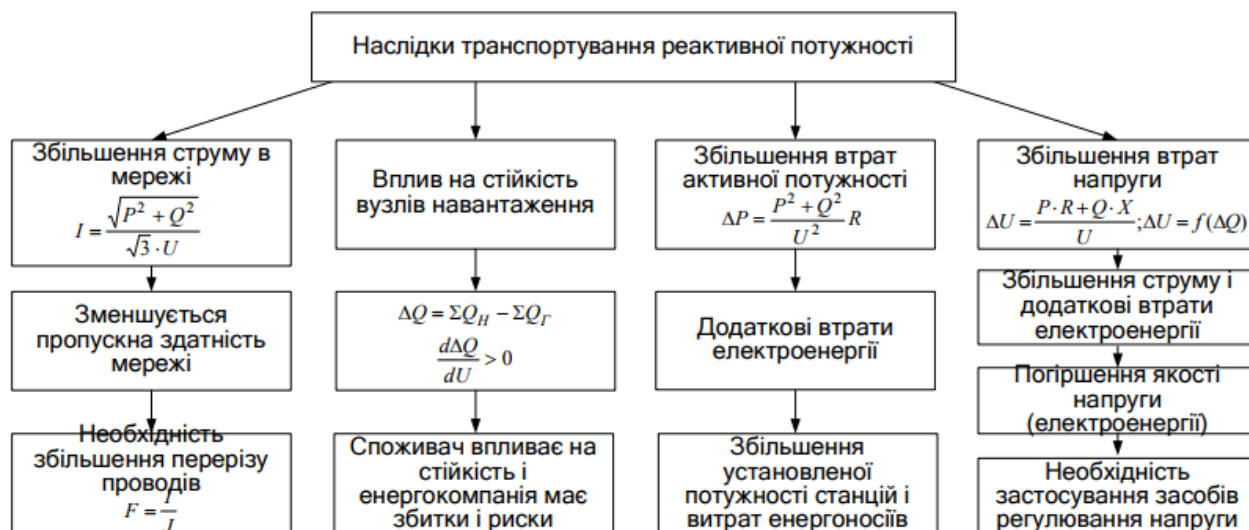


Рисунок 1.1 – Наслідки транспортування реактивної потужності

Більша частина промислових навантажень – це споживачі реактивної потужності, і задовольнити їх реактивною енергією за рахунок генеруючих потужностей електричних станцій не завжди можливо. Але слід констатувати, без генерування і передачі реактивної потужності не можливе генерування і передача активної потужності. Тому необхідно працювати над шляхами компенсації реактивної потужності, розробляти нові практичні методи для вирішення даної проблеми та мінімізації її негативних факторів [7].

1.2 Заходи та технічні засоби компенсації реактивної потужності

Вкажемо деякі основні методи компенсації реактивної потужності, які можна використати зокрема в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»». Вкажемо де

Синхронний генератор. Принцип дії синхронного генератора розглянемо на дво полюсній моделі синхронної машини (рисунок 1.2).

При вмиканні обмотки збудження на джерело постійного струму, вона створює магнітне поле [8].

Оскільки це поле утворене постійним струмом, то воно нерухомо в просторі щодо полюсів ротора [8].

На кожному полюсному поділу в повітряному проміжку індукція розподіляється за синусоїдальним законом [8] (рисунок 1.3).

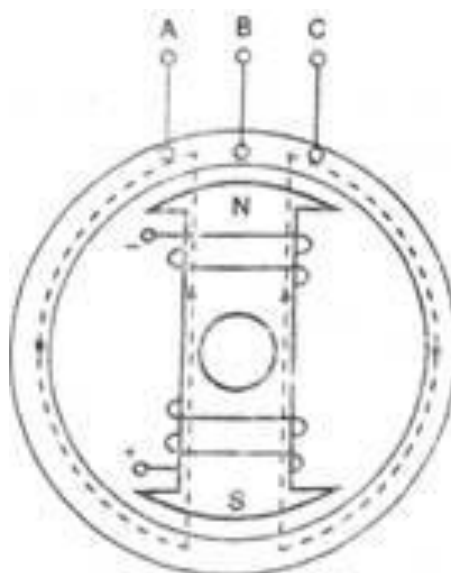


Рисунок 1.2 – Модель двополюсної синхронної машини

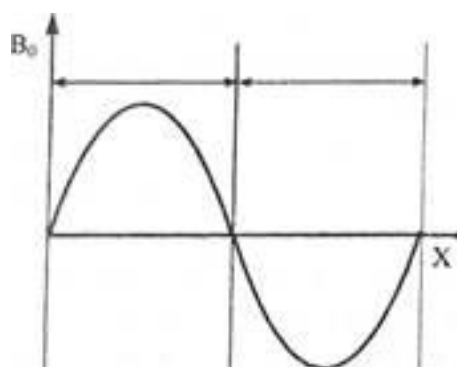


Рисунок 1.3 – Розподіл магнітної індукції в повітряному проміжку

Синхронним компенсатором називається синхронний двигун полегшеної конструкції, призначений для роботи на холостому ходу [5].

Для здійснення асинхронного пуску всі синхронні компенсатори забезпечуються пусковими обмотками в полюсних наконечниках або їх полюси робляться масивними. При цьому використовується спосіб прямого, а в окремих випадках – спосіб реакторного пуску [9].

Так як синхронні компенсатори не розвивають активної потужності, то питання статичної стійкості роботи для них втрачає гостроту. Тому вони виготовляються з меншим повітряним зазором, ніж генератори і двигуни. Зменшення зазору дозволяє полегшити обмотку збудження і здешевити машину. Номінальна повна потужність синхронного компенсатора відповідає його роботі в режимі перезбудження [5].

При роботі СК з мережі споживається активна потужність близько 2-4% від номінальної реактивної потужності.

Синхронний генератор (СК) являє собою синхронний двигун полегшеної конструкції, призначений для роботи на холостому ході.

При роботі в режимі перезбудження СК є генератором реактивної потужності. Найбільша потужність СК в режимі перезбудження називається його номінальною потужністю [10].

При роботі в режимі недозбудження СК є споживачем реактивної потужності. За конструктивним умовам СГ зазвичай не може споживати з мережі таку ж реактивну потужність, яку він може генерувати [10].

Синхронні компенсатори та синхронні двигуни в режимі перезбудження використовуються в електричних мережах в основному для компенсації основної частини графіків реактивного навантаження. Недоліком даного методу компенсації є: великі втрати на генерацію реактивної потужності, так як є залежність від квадрату потужності синхронного двигуна [11].

Найбільш доцільно розповсюдження в електричних мережах набули конденсаторні установки, дані пристрої використовуються для генерації реактивної потужності у мережі. Присутнє однофазне і трьохфазне виконання, зовнішнього або внутрішнього встановлення, виробляються для робочих напруг: 220 В., 380 В., 6 кВ., 10 кВ. Значними перевагами конденсаторних батарей у порівнянні з іншими методами компенсації є: відсутність рухомих деталей, простота монтажу та експлуатації, відсутність шуму, можливість встановлення

біля груп електропристроїв. Недоліками ж вважаються: неможливість плавного регулювання, пожежонебезпека, наявність залишкового заряду, необхідність висококваліфікованого обслуговування.

Конденсаторні батареї є простим і надійним статичним пристроєм. Конденсаторні батареї збирають з окремих конденсаторів, які випускаються на різні потужності і номінальну напругу.

У просторі між провідниками, які можуть мати будь-яку форму, при заряді конденсатора утворюється електричне поле. Заряд конденсатора тим більше, чим більше його ємність прикладена до його провідників напруги [6].

Ємність конденсатора, в свою чергу, тим більше, чим більше внутрішня поверхня провідників, що утворюють конденсатор, і чим менше відстань між цими провідниками [6].

Головним параметром економічності при розрахунку і виборі компенсуючих пристроїв є мінімум приведених затрат.

Види компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк» за допомогою конденсаторних установок поділяються на: індивідуальну компенсацію, групову компенсацію, централізовану компенсацію. Нижче детальніше про кожен з методів.

При індивідуальній компенсації КБ під'єднуються до пристроїв з високим рівнем споживання реактивної потужності. Вона дозволяє повністю компенсувати потужність, без явища перетоків в електричній системі підприємства. При статичності реактивної потужності споживача є можливість застосувати батареї постійної ємності. Використовується при компенсації потужностей вище 20 кВт, на одного споживача. Недоліки: не є актуальною при, при змінному коефіцієнті потужності, тобто в більшості випадків, потребує значних капіталовкладень. Найбільш ефективна при умові, основна маса реактивної потужності генерується невеликою кількістю пристроїв.

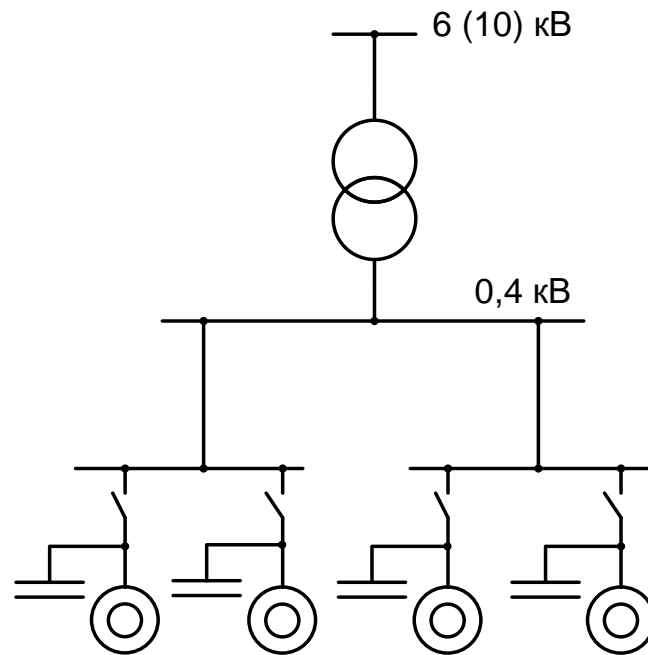


Рисунок 1.4 – Індивідуальна компенсація

Індивідуальна компенсація – це найпростіше рішення. Батареї статичних компенсаторів підбираються по потужності і $\cos\phi$ двигуна, тому реактивна потужність двигуна компенсується постійно протягом всього дня, $\cos\phi$ достатньо високий. Додаткова перевага індивідуальної компенсації реактивної потужності - експлуатаційні затрати на неї порівняно невеликі.

При груповій компенсації в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк», конденсаторні установки під'єднуються до розподільчих пунктів чи шин 0,4 кВ. і відповідно встановлюються в цехах, що дозволяє зменшити навантаження, яке викликає наявність реактивної потужності, на трансформаторній підстанції і в мережі 0,4 кВ. Недоліки: окрема комутація батарей статичних компенсаторів і неповне розвантаження розподільних мереж підприємства від реактивної потужності, відносно велика вартість. Максимальна ефективність даного методу при умові, реактивне навантаження розподільчих пристроїв, більше половини потужності КУ.

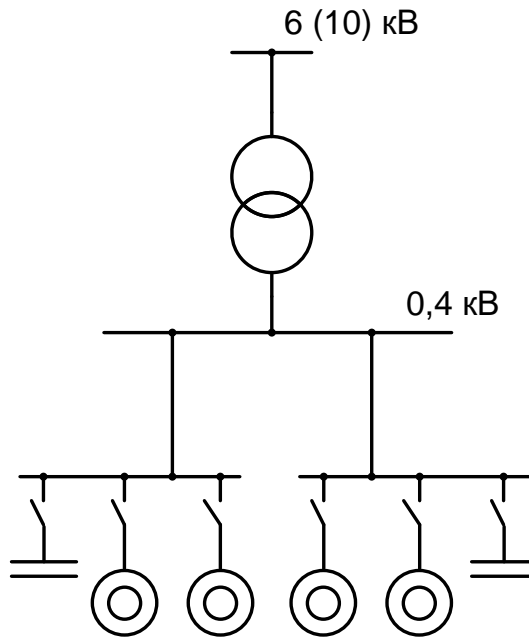


Рисунок 1.5 – Групова компенсація

Централізована компенсація - застосовується для підприємств із змінною потребою в реактивній потужності, де явище недокомпенсації або перекомпенсації недопустиме. Централізовану компенсацію можна поділити на: із встановленням батарей статичних компенсаторів на високій стороні, шини 10 кВ трансформаторної підстанції, в результаті отримуємо високий рівень використання КУ, високий рівень окупності, але розвантажені в такому випадку тільки частини системи електропостачання, що знаходяться після КУ; із встановленням батарей статичних компенсаторів на низькій стороні, розвантажуються також трансформаторні підстанції; із контролем ступенів компенсації, детальніше нижче.

У цьому випадку конденсаторна установка оснащується контролером і комутаційно-захисною апаратурою. Нерегульовані конденсаторні батареї володіють негативним регулюючим ефектом, що, на відміну від синхронних компенсаторів, є їх недоліком.

Це означає, що потужність конденсаторної батареї знижується зі зниженням прикладеної напруги, тоді як за умовами режиму цю потужність необхідно збільшувати.

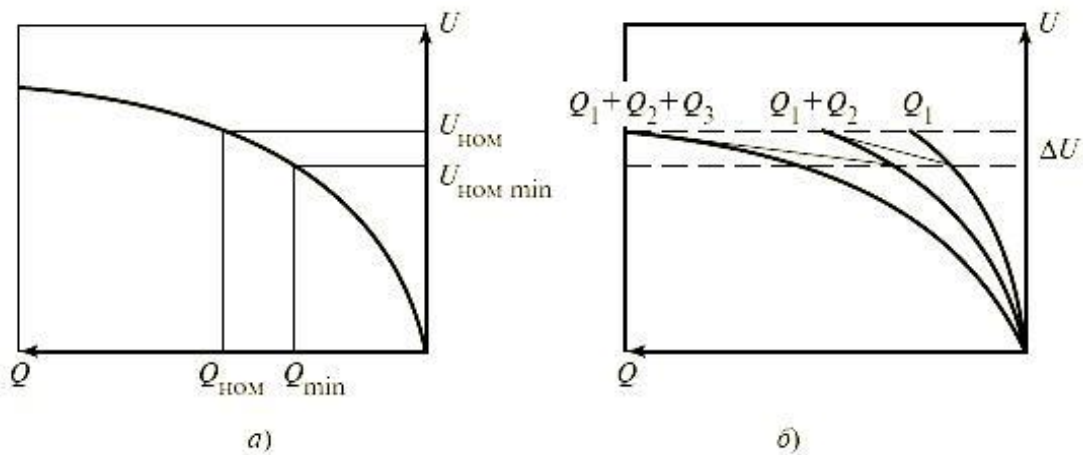


Рисунок 1.6 - Статичні характеристики конденсаторної установки: а - що складається з однієї секції; б - що складається з трьох секцій

Регулюючий ефект конденсаторної установки по реактивній потужності показаний на малюнку 1.6 а, а конденсаторну установку, що складається з декількох секцій, - на рисунку 1.6 б.

Як видно з рисунку 1.6 а, при зниженні напруги від $U_{\text{ном}}$ до $U_{\text{мін}}$ реактивна потужність знижується пропорційно квадрату напруги від $Q_{\text{ном}}$ до $Q_{\text{мін}}$.

Подолання цього недоліку знаходять у формуванні конденсаторної батареї з декількох секцій, кожна з яких, керована регулятором напруги і / або потужності, підключається до мережі через свій вимикач, нарощуючи таким чином ємність батареї в цілому.

Це і дозволяє збільшувати сумарну потужність конденсаторної батареї при зниженні напруги.

Так потужність конденсаторної установки при зниженні напруги зростає ступенями Q_1 , $Q_1 + Q_2$, $Q_1 + Q_2 + Q_3$, як показано на рисунку 3.1.б для конденсаторної установки, що складається з трьох секцій конденсаторних батарей.

Ступеневе регулювання вимагає введення в регулятор напруги конденсаторної установки зони нечутливості U .

У межах цієї зони при зниженні напруги підключення чергової секції неприпустимо. Невиконання цієї умови призвело б до нестійкої роботи конденсаторної установки.

Управління такою конденсаторною установкою виконує електронний регулятор - контролер, який постійно аналізує споживання реактивної потужності від мережі.

Такі регулятори включають або відключають конденсатори, за допомогою яких компенсується миттєва реактивна потужність загального навантаження i , таким чином, зменшується сумарна потужність, споживана від мережі.

Установка компенсації реактивної потужності складається з певного числа конденсаторних гілок, які в свої побудові і ступенях підбираються виходячи з особливостей кожної конкретної електромережі і її споживачів реактивної потужності [14].

В мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк» можна використовувати КУ, потужністю: 5 кВАр, 7,5 кВАр, 10 кВАр, 12,5 кВАр, 20 кВАр, 25 кВАр, 30 кВАр, 50 кВАр.

Більші ступені включення, наприклад, в 100 кВАр або ще більше, досягаються з'єднанням декількох малих гілок.

Таким чином, знижується навантаження на мережу, створювана струмами включення i , отже, зменшуються утворюються від цього перешкоди (наприклад, імпульси струму).

Якщо в напрузі електромережі міститься велика частка вищих гармонік, то конденсатори, зазвичай, захищають дроселями (реакторами фільтруючого контуру). З метою підвищення надійності конденсаторних установок в точках їх підключення розроблені фільтрокомпенсуючі пристрої напругою 6,3 і 10,5 кВ, потужністю від 150 до 450кВАр, що компенсують потужність і зменшують спотворення, що вносяться нелінійними навантаженнями.

Регулювання потужності конденсаторних установок може здійснюватися вручну або автоматично. Регулювання вручну не можна вважати досить надійним способом регулювання, так як воно істотно залежить від різних суб'єктивних факторів [13].

Ручне регулювання є прийнятним на тих підприємствах, де здійснюється диспетчерське управління режимами роботи енергетичного обладнання.

Автоматичне регулювання потужності конденсаторних установок може здійснюватися за такими параметрами: часу доби, напрузі, струму навантаження, значенням і напрямку реактивної потужності.

Вибір параметра регулювання визначається конкретними умовами - характером графіків активної і реактивної навантажень, характеристиками мережі, режимом напруги в мережі.

Нині існує цілий ряд контролерів, які реалізують функції регулювання і захисту автоматичним управлінням компенсації реактивної потужності.

Застосування автоматичних установок компенсації реактивної потужності дозволяє вирішити ряд проблем:

- знизити завантаження силових трансформаторів (при зниженні споживання реактивної потужності знижується споживання повної потужності);
- забезпечити живлення навантаження по кабелю з меншим перетином (не допускаючи перегріву ізоляції);
- за рахунок часткового струмового розвантаження силових трансформаторів і живильних кабелів підключити додаткове навантаження;

- дозволяє уникнути глибокої просадки напруги на лініях електропостачання віддалених споживачів (водозабірні свердловини, кар'єрні екскаватори з електроприводом;
- полегшити пуск і роботу ненаголошеного плавного пуску двигуна (при індивідуальній компенсації);
- автоматично відстежувати зміну реактивної потужності навантаження в мережі і, відповідно до заданого, коригується значення коефіцієнта потужності - $\cos\varphi$;
- виключається генерація реактивної потужності в мережу;
- виключається поява в мережі перенапруги, так як немає перекомпенсації, можливої при використанні нерегульованих конденсаторних установок;
- візуально відслідковуються всі основні параметри мережі.

Число секцій регульованої конденсаторної батареї повинно вибиратися в залежності від характеру графіка споживання реактивної потужності. У багатьох випадках виявляється достатнім обмежитися трьома - чотирма секціями. При значній нерівномірності графіка електричних навантажень за годинами доби число секцій може бути збільшено до п'яти-шести [14].

Подальше збільшення числа секцій не рекомендується, так як це ускладнює і здорожує установку. Необхідність застосування батареї з числом секцій, більше шести, повинна бути підтверджена техніко-економічними розрахунками.

Сумарна потужність нерегульованих компенсуючих пристроїв, як правило, не повинна перевищувати величину найменшого реактивного навантаження.

Розміщувати установки компенсації найкраще поблизу розподільного щита, тому що в цьому випадку спрощується їх приєднання до електромережі.

Для розгляду питання компенсації реактивної потужності, дослідження, розрахунків та обґрунтування висновків, необхідна модель даного підприємства ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», також параметри режиму і системи які необхідно визначити, що і відбувається в другому.

На основі вказаних вище відомостей необхідно:

- забезпечення економічної ефективності встановлення компенсаторних установок.

- виконання вимог енергосистеми до споживання реактивної потужності із її мережі;

- забезпечення рівнів напруги в допустимих межах;

Для проведення нашого дослідження необхідно отримати схему електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», та на її основі провести дослідження.

РОЗДІЛ 2. ВИБІР СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРАТ «ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД «МАЯК»»

2.1 Характеристика та дані про навантаження підприємства.

Вінницький завод радіотехнічної апаратури. Випускає товари народного споживання. Підприємство виготовляє масляні радіатори «Термія», зварювальні апарати «Імпульс», настільні світильники, інкубатори, електроплити.

Технологічний процес проходить наступним шляхом: на склади матеріально-технічного постачання надходять матеріали, які потім надходять в заготівельний цех. В заготівельному цеху матеріали підлягають розкрою та рубці, необхідного розміру, для визначення виду продукції. Вироблені заготовки йдуть в наступні цеха механічної обробки, ковально-пресовий і зборочний. В цих цехах виконується робота по виготовленню механічних частин корпусів та автоматичних цифрових друкувальних пристроїв. З цехів вже готові деталі підлягають наступній обробці: на них наносять захисне покриття і виконується сушка. Після сушки деталі поступають в зборочний цех.

Ще на підприємстві є намоточний цех, де виготовляють поточні вузли, магніто проводи, їх зборка, пропитка, вакуумна сушка.

Найбільш енергоємні це котельня та цех гальваніки і фарбувань. Котельня постачає гарячу воду і опалює частину мікрорайону «Вишенька». В теперішній час котельня стала дорічним підприємством «Теплокомунерго».

Вінницький завод радіотехнічної апаратури спеціалізується на випуску та виробництві виробів силової електроніки:

- вторинних джерел живлення;
- трансформаторів;
- зварювальних апаратів змінного та постійного струмів;
- стабілізаторів мережі;

- алфавітно-цифрових друкуючих пристроїв;

Починаючи з 1991 року на підприємстві займаються розробкою та виготовленням широкої гами продукції:

- електричні обігрівачі пристрої (масляні радіатори, конвектори, теплові вентилятори, теплові завіси);

- інфрачервоні обігрівачі (електричні плитки, зварювальні апарати інверторного типу, мідно-алюмінієві радіатори водяного опалення, різного типу інкубатори).

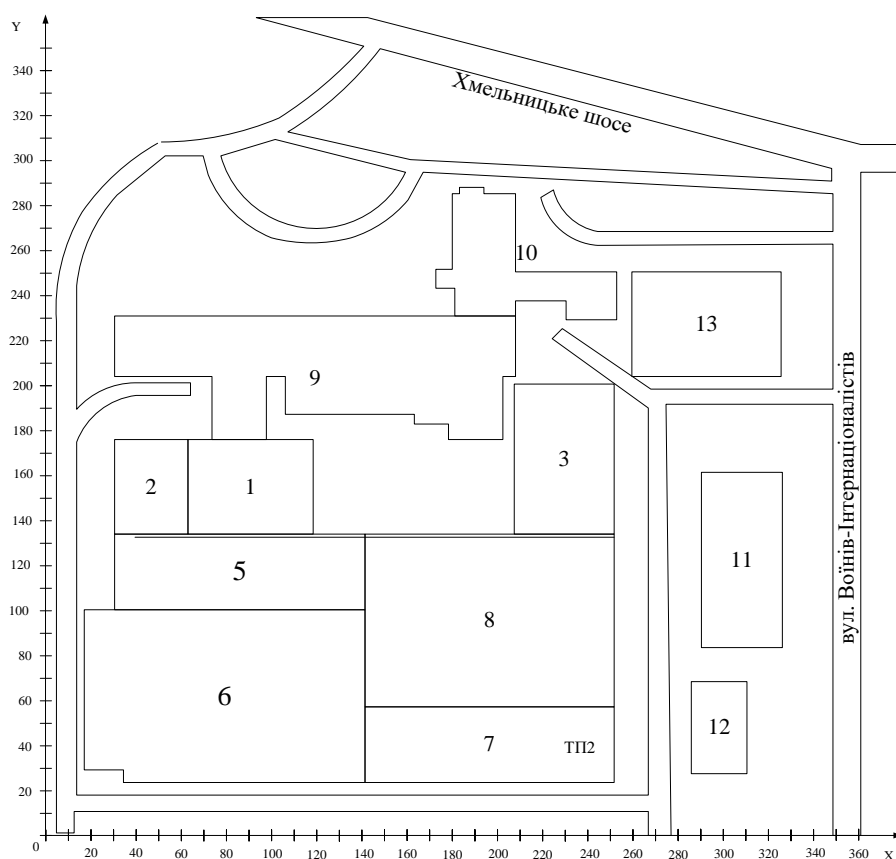


Рисунок 2.1 – Генплан ПРАТ "Маяк."

Таблиця 2.1 містить дані про встановлену потужність цехів (див. Рисунок 2.1).

Таблиця 2.1 – Відомості про активні електричні навантаження цехів підприємства

Назва цехів	P_H , кВт	cos	tg	K_p
1.Механічний цех	100	0,55	1,52	0,35
2.Заготівельний	150	0,85	0,62	0,4
3.Ковально-штамповочний	700	0,6	1,33	0,4
4.Зварювальний	331	0,65	1,17	0,5
5.Намоточний	350	0,8	0,75	0,6
6.Сталеалюмінієвого лиття	1350	0,85	0,62	0,4
7.Іструментальний	700	0,45	1,98	0,5
8.Фарбувальний	600	0,82	0,7	0,6
9.Збірно-монтажний	120	0,75	0,88	0,5
10.Адміністративний корпус	100	0,85	0,62	0,6
11.Ремонтно-механічний	250	0,63	1,23	0,5
12.Очисні споруди	200	0,8	0,75	0,45
13.Корпус термопластів	1100	0,75	0,88	0,4

2.2 Розрахунок параметрів підприємства.

Розрахунок активної та реактивної потужності силового обладнання підприємства, здійснюємо методом коефіцієнта попиту за такими формулами:

$$P_C = K_p \cdot P_H; \quad Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg}\varphi; \quad (2.1)$$

За методом коефіцієнта попиту визначено також розрахункове навантаження освітлювальних установок. Орієнтовно номінальна потужність освітлення визначена наближено за питомою потужністю на 1 м^2 площі цеху

[4]. В цілому розрахункова потужність електричного освітлення визначена за формулою:

$$P_o = P_{\text{ПІТ.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F; \quad (2.2)$$

$$Q_o = P_o \cdot \text{tg}\phi_o; \quad (2.3)$$

де $P_{\text{ПІТ.О}}$ - питома густина освітлювального навантаження знаходиться в межах :
0,011-0,022 в залежності від приміщення;

$K_{\text{ПО}}$ - коефіцієнт попиту освітлювального навантаження;

$K_{\text{ПРА}}$ - коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі з;

F - площа цеху, м^2 .

$$K_{\text{ПО}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases} \quad (2.4)$$

$$K_{\text{ПРА}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ;} \\ 1,2 - \text{люмінесцентні - стартерні;} \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні - безстартерні.} \end{cases} \quad (2.5)$$

Розрахункові потужності дорівнюють сумі розрахункових потужностей силового та освітлювального навантажень:

$$P_p = P_c + P_o; \quad Q_p = Q_c + Q_o; \quad (2.6)$$

Розрахункові максимальні навантаження підприємства визначають з виразів:

$$P_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{PЦi} + P_{PЗ} \right) + P_{O\Sigma}; \quad Q_{P\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{PЦi} + Q_{PЗ} \right); \quad (2.7)$$

де P_{Pi} , Q_{Pi} - розрахункові максимальні навантаження ТП або цехів, кВт, квар;

N - число ТП або цехів;

$P_{PЦi}$, $Q_{PЦi}$ - розрахункове максимальне навантаження загальноцехових ЕП високої напруги 10(6) кВ, які приєднані безпосередньо до РП 10(6) кВ, кВт, квар;

K_O - коефіцієнт одночасності максимумів навантаження визначається з [1];

$P_{P\Sigma}$, $Q_{P\Sigma}$ - розрахункові максимальні навантаження загальнозаводських ЕП і цехових трансформаторних підстанцій, приєднаних безпосередньо до ГПП, кВт, квар.

З [1, таблиця 1.4] визначаємо, що $K_O = 0,95$.

Сумарне навантаження підприємства:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{P_{P\Sigma}^2 + Q_{P\Sigma}^2}; \quad (2.8)$$

Для прикладу проведемо розрахунок для 4 цеху:

$$P_C = K_{II} \cdot P_H = 0,5 \cdot 331 = 165,5 \text{ (кВт)};$$

$$Q_C = P_C \cdot \text{tg}\varphi = 165,5 \cdot 1,17 = 193,5 \text{ (кВт)};$$

$$P_O = 0,012 \cdot 0,8 \cdot 1,2 \cdot 2956,5 = 34,1 \text{ (кВт)};$$

$$P_P = 165,5 + 34,1 = 199,6 \text{ (кВт)};$$

$$Q_P = 209,84 \text{ (кВт)};$$

$$S_P = \sqrt{199,6^2 + 209,84^2} = 289,58 \text{ (кВА)}.$$

Використовуючи дані формули здійснюємо розрахунок навантажень підприємств за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо у таблицю 2.2 [12].

Таблиця 2.2 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження		
		P_H , кВт	K_{II}	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_C , кВт	Q_C , квар	$F, \text{м}^2$	$P_{\text{Пит.}}$, Вт/м ²	$K_{\text{ПО}}$	$K_{\text{ПР}}$, л	P_O , кВт	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	Механічний	100	0,35	0,55	1,52	35	53,15	1863	0,012	0,85	1,1	20,9	55,9	63,18	84,4
2	Заготівельний	150	0,4	0,85	0,62	60	37,18	1093,5	0,016	0,9	1,2	18,9	78,9	46,25	91,5
3	Ковальсько-штамповочний	700	0,4	0,6	1,33	280	373,33	2275	0,012	0,8	1,1	24	304	384,9	490,5
4	Зварювальний	331	0,5	0,65	1,17	165,5	193,49	2956,5	0,012	0,8	1,2	34,1	199,6	209,8	289,6
5	Намоточний	350	0,6	0,8	0,75	210	157,5	3220	0,012	0,8	1,1	34	244	173,8	299,6
6	Сталеалюмінієвого лиття	1350	0,4	0,85	0,62	540	334,66	7446	0,012	0,8	1,1	78,6	618,6	372,4	722,1
7	Інструментальний	700	0,5	0,45	1,98	350	694,58	2944	0,013	0,8	1,2	36,7	386,7	712,2	810,4
8	Лакофарбових і гальванічних покритть	600	0,6	0,82	0,7	360	251,28	6716	0,012	0,85	1,2	82,2	442,2	290,7	529,2
9	Збирально монтажний	120	0,5	0,75	0,88	60	52,91	6278	0,016	0,9	1,2	108,5	168,5	104,98	198,5
10	Адмінкорпус	100	0,6	0,85	0,62	60	37,18	2187	0,016	0,9	1,2	37,8	97,8	55,3	112,36
11	Ремонто-механічний	250	0,5	0,63	1,23	125	154,1	2280	0,014	0,8	1,2	30,6	155,6	168,8	229,6
12	Очисні споруди	200	0,4511	0,8	0,75	90	67,5	1122	0,012	0,6	1,1	8,9	98,9	71,77	122,18
13	Термопластавтоматів	1100	0,4	0,75	0,88	40	388	2322	0,013	0,8	1,1	26,6	466,6	400,8	615,1
	Всього по підприємству	6051						42703				541,	3317,3	3054,98	4594,9

2.3 Вибір і розміщення цехових ТП

Визначимо сумарну повну розрахункову потужність всіх цехів, електричне обладнання яких живиться на напрузі 0,38 кВ:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{Pi} = 4509,72; \quad (2.9)$$

Визначимо загальну площу всіх цехів:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 42703; \quad (2.10)$$

Середнє питоме навантаження на 1 м² площі:

$$S_{\text{ПИТ}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{4506,72}{42703} = 0,107 \text{ (кВА/м}^2\text{)}; \quad (2.11)$$

$$S_{\text{НОМ.Т}} = \begin{cases} 630,1000 \text{ кВА} & \text{якщо } S_{\text{ПИТ}} < 0,2 \text{ кВА/м}^2, \\ 1600 \text{ кВА} & \text{якщо } S_{\text{ПИТ}} = 0,2 \div 0,3 \text{ кВА/м}^2, \\ 2500 \text{ кВА} & \text{якщо } S_{\text{ПИТ}} = 0,3 \div 0,4 \text{ кВА/м}^2. \end{cases} \quad (2.12)$$

Згідно з [1] при даній густині навантаження потрібно встановлювати трансформатори потужністю 1000 кВА.

Розрахуємо кількість двотрансформаторних підстанцій:

$$N_{\text{ек}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ек}} \cdot k_3} = \frac{4506,72}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 2,65 \div 2,82. \quad (2.13)$$

де $k_3 = 0,8 \div 0,85$ - коефіцієнт завантаження трансформаторів двотрансформаторної підстанції споживачів II – III категорії[3].

Так як дане підприємство належить до споживачів II категорії електропостачання необхідно встановити три двотрансформаторних підстанції [1].

Розподілимо трансформаторні підстанції між цехами і визначимо їх фактичний коефіцієнт завантаження. Дані розрахунку приведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розподіл трансформаторних підстанцій між цехами

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Pr, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	St, кВА	N, шт.	Kз, в.о.
ТП-1	1	Механічний	55,9	63,18	84,36	1000	2	0,85
	2	Заготівельний	78,9	46,25	91,45			
	4	Зварювальний	199,5	209,8	289,58			
	5	Намоточний	244	173,8	299,59			
	9	Збирально-монтажний	168,4	104,9	198,52			
	10	Адмінкорпус	97,8	55,32	112,36			
	13	Термопластів	466,5	400,7	615,1			
		Всього по ТП-1		1311,2	1054,2			
ТП-2	6	Сталеалюмінієвого лиття	618,63	372,4	722,1	1000	2	0,77
	7	Інструментальний	386,7	712,2	810,4			
		Всього по ТП-2		1005,4	1084,6			
ТП-3	3	Ковальсько-штамповочний	304	384,9	490,5	1000	2	0,69
	8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	442,2	290,7	529,2			
	11	Ремонтно-механічний	155,6	168,8	229,6			
	12	Очисні споруди	98,9	71,8	122,2			
		Всього по ТП-3		1000	916,			

Отже для живлення цехів заводу встановлено двотрансформаторні підстанції з потужністю трансформаторів 1000 кВА. Номінальні параметри яких представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Номінальні параметри трансформаторів

Марка	S_H , кВА	U_{BH} , кВ	U_{HH} , кВ	ΔP_{XX} , кВт	ΔP_K , кВт	I_{XX} , %	U_K , %
ТМ- 1000/10	1000	10	0,4	2,2	12,2	1,5	5,5

Розрахуємо місце установки цехових ТП за формулами:

$$X_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}, \quad Y_{ТП} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{Mi} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{Mi}}; \quad (2.14)$$

Та отриманні дані в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	Т П	Рр, кВт	Х, м	У, м	Рр*Х, кВт*м	Рр*У, кВт*м
1	Механічний	1	55,9	90	155	5031,3	8664,95
2	Заготівельний	1	78,9	43,2	155	3408,3	12228,8
3	Ковальсько-штамповочний	3	304	230	170	69925,5	51684,1
2	Зварювальний	1	199,6	162	155	32328,5	30931,65
5	Намоточний	1	244	78,3	120	19105,45	29280,4
6	Сталеалюмінієвого лиття	2	618,6	75	60	46397,2	36746,6
7	Інструментальний	2	386,7	195	40	75414,5	15469,65
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	3	442,2	195	92	86229,8	40594,3
9	Збирально монтажний	1	168,5	110	200	18533,2	33663,1
10	Адмінкорпус	1	97,8	200	235	19558,3	22971,2
11	Ремонто-механічний	3	155,6	310	120	48249,4	18677,2
12	Очисні споруди	3	98,9	300	57	29665,9	5606,9
13	Термопластавтоматів	1	466,6	295	248	137636,3	115894,4
			ΣR_p , кВт	$\Sigma R_p * X / \Sigma R_p$ Рр	$\Sigma R_p * Y / \Sigma R_p$ Рр	$\Sigma R_p * X$, кВт*м	$\Sigma R_p * Y$, кВт*м
	Сумарно по ТП1		1311,2	179,7	193,45	235601,3	253634,5
	Сумарно по ТП2		1005,4	121,2	51,95	121811,8	52216,3
	Сумарно по ТП3		1000,8	233,9	116,5	234070,5	116542,45
	Координати ЦЕН		3317,3	178,3	127,4	591483,6	422413,15

За допомогою розрахованих координат розміщення ТП вибираємо оптимальні координати. Для зручності покажемо це у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Координати розміщення цехових ТП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	Х, м	У, м	Х, м	У, м
ТП 1	179,7	196,45	110	170
ТП 2	121,15	51,95	240	50
ТП 3	233,9	116,5	240	130
ЦРП	178,3	127,35	110	190

Для уточнення місця розташування ТП побудуємо картограму навантажень (Рисунок 2.2) і визначимо центр електричних навантажень підприємства. Картограму навантажень будуємо на кресленні генерального плану підприємства. Навантаження кожного з цехів зображаємо кругом, площа якого пропорційна розрахунковій активній потужності [3].

Приймаємо масштаб рівним $m_p = 0,1 \text{ кВт/м}^2$. Визначимо радіуси кругів при даному масштабі за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.15)$$

Сектор освітлювального навантаження цеху складає:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.16)$$

Розрахунки для всіх цехів здійснено за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X,м	У,м	Рр, кВт	Ро, кВт	r, м	α°	d, м
1	Механічний	90	155	55,9	13,35	13,34	134,6 1	26,7
2	Заготівельний	43,2	155	78,9	15,85	15,85	86,22	31,7
3	Ковальсько-штамповочний	230	170	304	31,12	31,12	28,45	62,23
4	Зварювальний	162	155	199,6	25,21	25,21	61,44	50,42
5	Намоточний	78,3	120	244	27,88	27,88	50,17	55,75
6	Сталеалюмінієвого лиття	75	59,4	618,65	44,39	44,39	45,76	88,77
7	Інструментальний	195	40	386,75	35,1	35,1	34,2	70,19
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	195	91,8	442,2	37,53	37,53	66,92	75,05
9	Збирально монтажний	110	199,8	168,5	23,16	23,16	231,8	46,33
10	Адмінкорпус	200	234,9	97,8	17,65	17,65	139,1 2	35,3
11	Ремонто-механічний	310	120	155,65	22,26	22,26	70,88	44,53
12	Очисні споруди	300	56,7	98,9	17,75	17,75	32,35	35,49
13	Термопластавтоматів	295	248,4	466,56	38,55	38,55	20,5	77,1

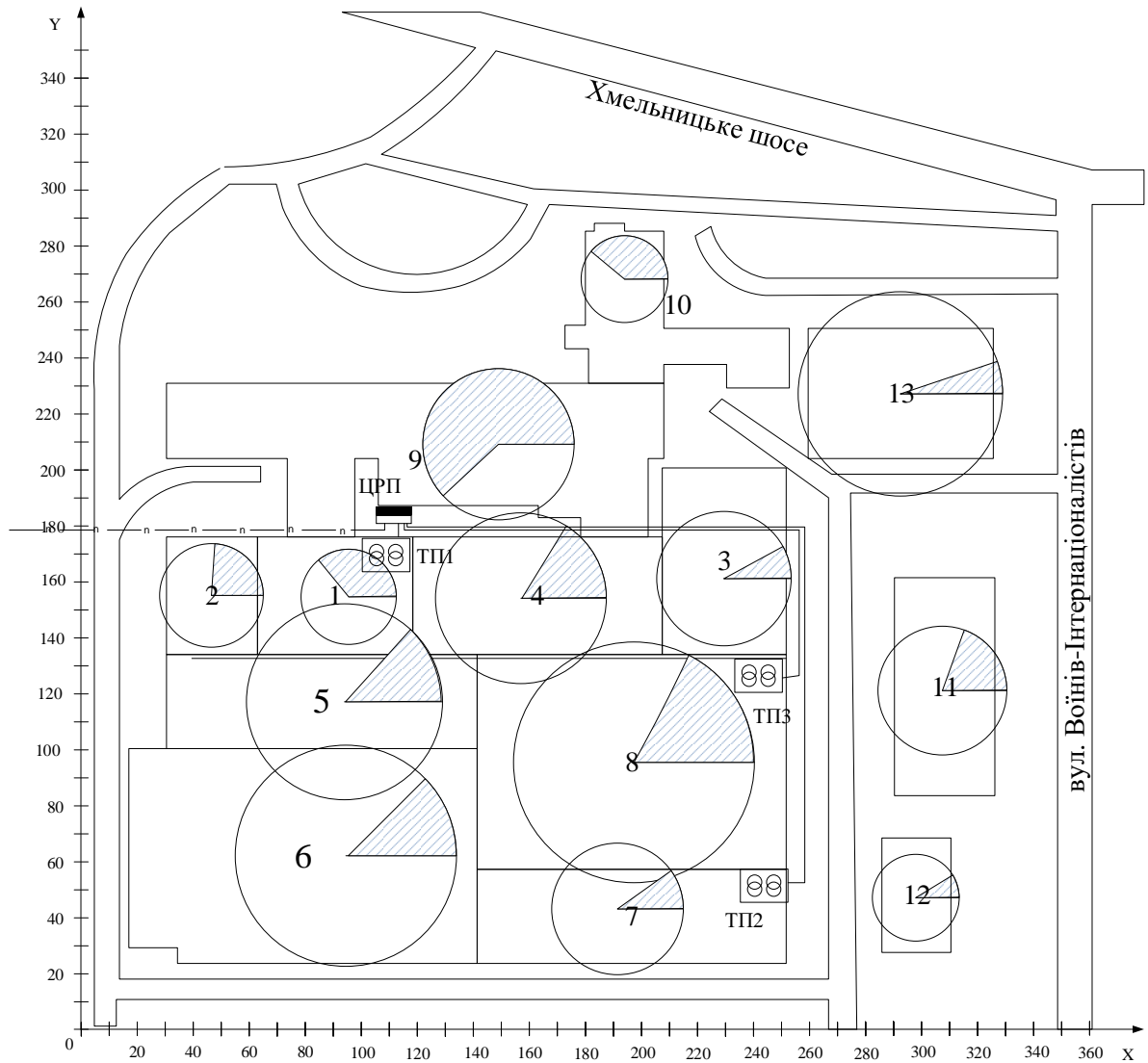


Рисунок 2.2 – Генеральний план підприємства

2.4 Вибір елементів заводської мережі та його схеми

Живлення здійснюється від п/ст. 110/10, що знаходиться на відстані 2 км від підприємства. Оскільки цехові ТП розміщені в різних напрямках від ЦРП, то вибираємо радіальну схему електропостачання напругою 10 кВ. На підприємстві встановлюємо ЦРП 10 кВ з двома секціями розподільних шин[3].

Конструктивно заводські мережі підприємства виконані кабелями прокладеними в траншеях.

Згідно із ПУЕ [1] всі електричні апарати вибирають за характером

установлення, номінальним струмом та напругою, а також перевіряють їх на термічну і динамічну стійкість.

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

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.мережі}}; \quad (2.17)$$

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{max}}; \quad (2.18)$$

Для встановлення на стороні 10 кВ вибираємо вакуумні вимикачі ВБЭ-М-10-20/630. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в}} = 630 \text{ А} > I_{\text{м.ав}}$ для всіх приєднань [3]. Власний час відключення вимикача 0,075 с.

Для живлення заводу вибираємо броньовані кабелі з ізоляцією із зшитого поліетилену в ПВХ оболонці типу АПвЭБВ-10 прокладені в траншеї. Вибір кабелю виконаємо за допустимим струмом.

Визначаємо переріз провідників для живлення ЦРП:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.19)$$

$$228 \text{ (А)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 235 = 232 \text{ (А)}.$$

де k_1 - поправочний коефіцієнт при температурі зовнішнього середовища;

k_2 - поправочний коефіцієнт в залежності від глибини прокладання;

k_3 - поправочний коефіцієнт в залежності від теплового опору ґрунту;

k_4 - поправочний коефіцієнт в залежності від відстані між фазами;

k_5 - поправочний коефіцієнт в залежності від прокладених поруч кабелів;

k_6 - поправочний коефіцієнт при прокладанні в трубах і каналах.

Для живлення ЦРП вибираємо кабель АПвЭБВ-10 перерізом $3 \times 120 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп}} = 235 \text{ А}$ [2]. Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 2.7.

Визначимо I_{max} для нормального та післяаварійного режиму:

а) ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1690,93}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 48,81 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{п.а}} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1690,93}{\sqrt{3} \cdot 10} = 97,63 \text{ (А)},$$

б) ТП2:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1532,51}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 44,24 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{п.а}} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1532,51}{\sqrt{3} \cdot 10} = 88,5 \text{ (А)},$$

б) ТП3:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1371,46}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 39,6 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{п.а}} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{1371,46}{\sqrt{3} \cdot 10} = 79,2 \text{ (А)},$$

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

в) ЦРП:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4509,72}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 130,2 \text{ (А)},$$

$$I_{п.а} = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{4509,72}{\sqrt{3} \cdot 10} = 260,37 \text{ (А)},$$

Результати розрахунків внесемо в таблицю 2.8. та за цими даними оберемо обладнання для електричної мережі.

Таблиця 2.8 – Вибір високовольтних вимикачів та кабелів

Ділянка	Іж, А	Іжа, А	Вимикач	Ін.в, А	Лінія Живлення		Ідоп, А	Ідоп.р, А
					Тип	Перері з		
ТЕЦ-ГПП	130,1 8	260,3 7	ВГБ-35-12,5/1000	1000	АПВЭБВ-10	3x120	294	290,8
ГПП-ТП1	48,81	97,63	ВВ/АST 10-12,5/63	630	АПВЭБВ-10	3x35	132	130,6
ГПП-ТП2	44,24	88,5	ВВ/АST 10-12,5/63	630	АПВЭБВ-10	3x35	132	130,6
ГПП-ТП3	39,6	79,2	ВВ/АST 10-12,5/63	630	АПВЭБВ-10	3x35	132	130,6

Зобразимо схему електропостачання підприємства на Рис. 2.3

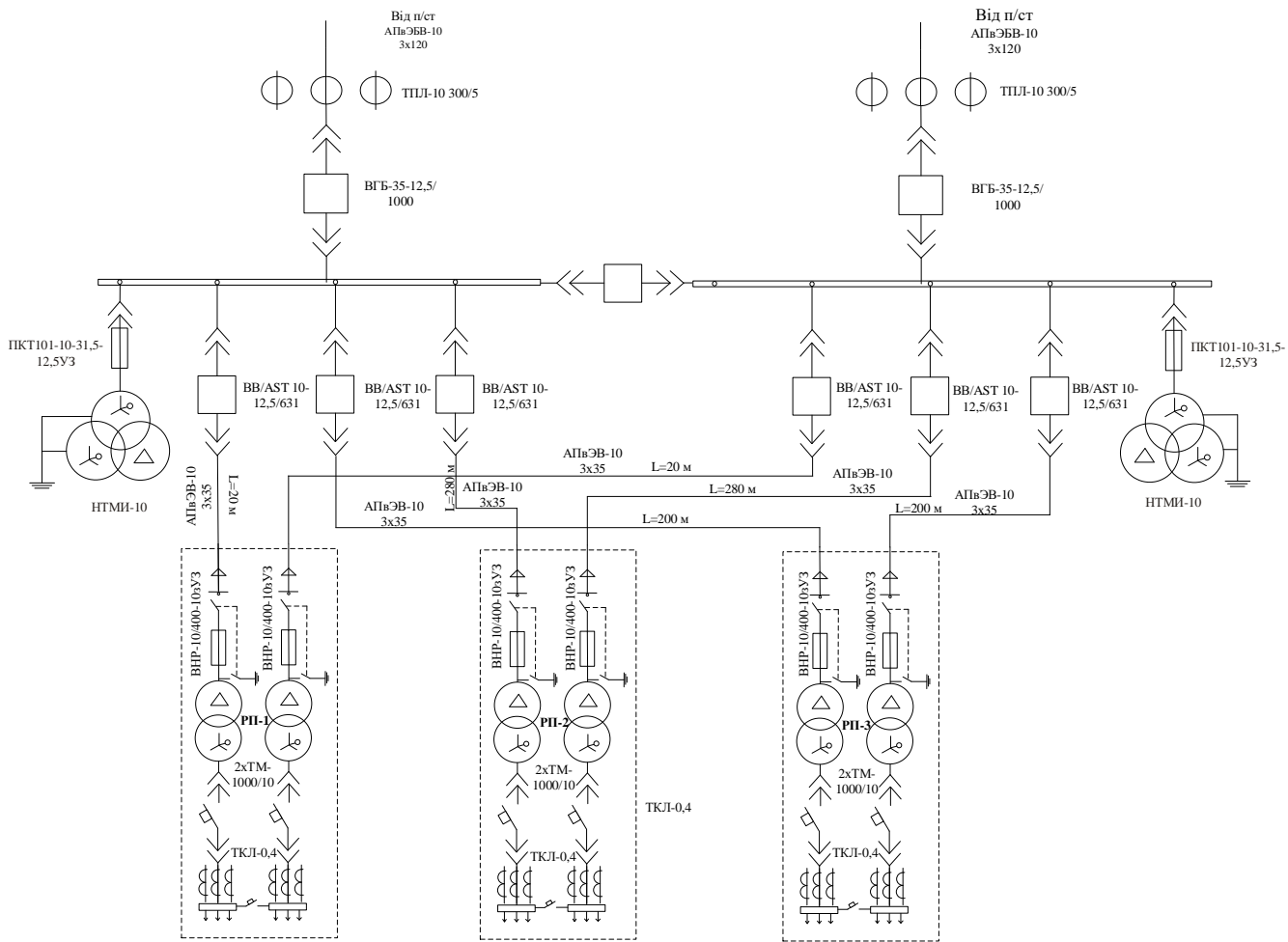


Рисунок 2.3 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

На рисунку зображена обрана система електропостачання підприємства ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»».

2.5 Розрахунок параметрів елементів СЕП.

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_r = \frac{U_{ВН}}{U_{НН}} = \frac{10}{0,4} = 25; \quad (2.20)$$

Якщо трансформатор отримує живлення середньою або високою напругою, то енергопостачальна компанія повинна вказувати характеристики підстанції з якої здійснюється живлення, $I_K'' = 10$ кА.

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K''} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 1,016 \text{ (МОм)}. \quad (2.21)$$

де c - коефіцієнт напруги;

U_n – номінальна напруга системи в точці з'єднання з мережею;

I_K'' – початкова сила струму КЗ.

Оскільки живлення здійснюється на напрузі 10 кВ то активний і реактивний опір системи знаходиться:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ (МОм)}; \quad (2.22)$$

$$R_c = 0,1 \cdot X_c = 0,1 \cdot 0,97 = 0,097 \text{ (МОм)}. \quad (2.23)$$

Визначимо опір трансформатора:

$$Z_T = \frac{U_{K\%}}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{НОМ.Т}} = \frac{5,5}{100} \cdot \frac{400^2}{1000 \cdot 10^3} = 8,8 \text{ (МОм)}. \quad (2.24)$$

Визначаємо опори ліній Л1, Л2,Л3:

$$R_{L1} = r_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 1,1 \cdot 20 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,022 \text{ (мОм)}; \quad (2.25)$$

$$X_{L1} = x_{\text{пит}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,068 \cdot 220 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,0022 \text{ (мОм)}; \quad (2.26)$$

$$Z_{Л1} = \sqrt{R^2 + X^2} \cdot L = \sqrt{0,0352^2 + 0,0022^2} = 0,0353 \text{ (мОм)};$$

Дані наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Вихідні дані для встановлення КУ

Ділянка кола	L, м	R0, Ом/км	X0, Ом/км	R, Ом	X, Ом	Z, Ом
ТМ 1000/10/0,4	-	-	-	1,7	8,6	8,8
Л1	20	1,1	0,068	0,022	0,0022	0,0388
Л2	200	1,1	0,068	0,223	0,03	0,49
Л3	280	1,1	0,068	0,312	0,021	0,35

Висновки

В даному розділі визначено параметри електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», які будуть використанні для дослідження системи компенсації реактивної потужності, а також встановлення пристроїв компенсації в вузлах системи. промислової мережі. Це параметри кабельних ліній, трансформаторів, опір живильної мережі, та реактивна потужність у вузлах системи.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПЕНСАЦІЇ ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖАХ ПРАТ "ВІННИЦЬКИЙ ЗАВОД МАЯК"

Для дослідження компенсації реактивної потужності в мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», скористаємося методиками наведеними в [15].

3.1 Аналіз методу компенсації реактивної потужності за економічною ефективністю.

В [17] розглянуто сучасний метод, що передбачає збільшення ефективності встановлення установок компенсації реактивної потужності з економічної точки зору. Пропонується поетапно визначати економічну ефективність встановлення установок компенсації реактивної потужності в кожному з вузлів.

Економічна ефективність встановлення установок компенсації реактивної потужності Q_{ki} в певному вузлі системи визначається зменшенням тарифу $\Delta\Pi$ за реактивну електроенергію [18, 19] та зниження втрат у електричній мережі споживачів δP_i . Зниження плати $\Delta\Pi$ визначається як

$$\Delta\Pi = D_i T T_{KY} Q_{ki}, \quad (3.1)$$

де T_{KY} – час роботи компенсаторних установок на протязі року; T – тариф сплати за активну електроенергію; D_i – еквівалент реактивної потужності, економічний, вузла, до якого приєднаний споживач [18].

Із вказаного вище - економічна ефективність встановлення КУ, за повною потужністю, обчислюється наступним чином як:

$$p_{ki} = \frac{\Delta\Pi + \delta P_i T_{KY} T}{c_{ki} Q_{ki}} - p = \frac{T T_{KY}}{c_{ki}} \left(\frac{\delta P_i}{Q_{ki}} + D_i \right) - p, \quad (3.2)$$

де c_{ki} – питома вартість КУ, p – доля відрахувань на обслуговування та ремонт КУ [20].

Послідовність розрахунку встановлення установок компенсації реактивної потужності складається з етапів, які ми можемо спокійно, поділити на кроки. Перший шаг розв’язання задачі це розрахунок економічної ефективності, тобто розрахунок зниження економічних втрат при встановленні установок компенсації реактивної потужності в певному вибраному вузлі. Етап розрахунку – це сукупність кроків з визначення місця встановлення і потужності КУ, яка забезпечує максимальне зниження втрат на f -му етапі p_{kf}^{max} [18].

Послідовність, що забезпечує максимальну економічну ефективність за період впровадження вважається оптимальним і пріоритетним шляхом впровадження компенсаторних установок.

$$p_{kmc} = \frac{\sum_{i=1}^m p_{kf}}{m} \rightarrow \max, \quad (3.3)$$

де p_{kmc} – середнє значення ефективності встановлення компенсаторних установок, потужністю $Q_{km\Sigma} = \sum_{i=1}^m Q_{ki}$ на m -му етапі розробки.

Оптимальне встановлення установок компенсації реактивної потужності на f -му етапові розрахунку не впливає на оптимізацію $f + 1$ - му етапі [21], то максимальне значення p_{kmc} буде в тому випадку, якщо забезпечити максимальне значення економічної ефективності на кожному етапі розрахунку:

$$p_{kmc}^{max} = \frac{\sum_{f=1}^m p_{kf}^{max}}{m}, \quad (3.4)$$

де p_{kf}^{max} – максимальне значення p_{ki} на f -му етапові розрахунку.

Величина p_{kf}^{max} на окремому етапі визначається перебором даних отриманих при розрахунку усіх точок де можливе встановлення установок компенсації реактивної потужності:

$$p_{kf}^{max} = \max_{i=1}^n \{ p_{kif} \}, \quad (3.5)$$

де p_{kif} – значення p_k на i -му кроці f -го етапу.

При переборі виконується перевірка наступних умов:

- відсутність зворотних перетоків реактивної потужності (тобто явища перекомпенсації) на даному етапі розрахунку:

$$\sum_{f=1}^q Q_{kif} < Q_i, \quad (3.6)$$

де q – даний етап розрахунку.

- величина потужності Q_{kif} на q -му етапі розрахунку узгоджується з економічними ресурсами підприємства:

$$\sum_{f=1}^q \sum_{i=1}^n Q_{kif} c_k \leq B_3, \quad (3.7)$$

де B_3 – величина коштів, виходячи з якої ми визначаємо задану величину кількості установок компенсації реактивної потужності і відповідно потужність

- рівні напруги, що допускають встановлення установок компенсації реактивної потужності в вузлах:

$$U_i \leq U_{\text{доп}}, \quad (3.8)$$

де $U_{\text{доп}}$ – допустимий рівень напруги.

Отже максимальна сумарна ефективність впровадження установок компенсації формується з максимальних показників окремих етапів. Тобто,

установки компенсації потужністю Q_{kif} на f -му етапі встановлюємо у вузлі, де забезпечується максимальна ефективність використання коштів величиною $c_k Q_{kif}$ [15].

Вирази (3.4-3.8) дозволяють нам навести залежність $P_{kme}(Q_{km\Sigma})$ від сумарної потужності установок компенсації реактивної потужності.

Вираз $p_{kmc}^{max}(Q_{km\Sigma})$ відображає ефективність вкладення коштів величиною $Q_{km\Sigma} c_k$ в установки компенсації реактивної потужності на кожному етапі. За допомогою даної залежності можна знайти економічно доцільну величину потужності КУ [15] Q_{kme} , яка відповідає заданій економічній ефективності вкладення коштів у виробничі операції для підприємства ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»».

$$Q_{kme} = p_3^{-1}(Q_{km\Sigma}), \quad (3.9)$$

де $p_3^{-1}(Q_{km\Sigma})$ – значення оберненої функції $p_{kmc}^{max}(Q_{km\Sigma})$ при $p_{kmc}^{max} = p_3$.

Знайдена потужність установок компенсації реактивної потужності розподіляється по вузлах електричної мережі підприємства відповідно до розрахунків, що проводились на попередніх етапах. При цьому потужності установок компенсації у вузлах будуть кратними потужності однієї установки. У такий спосіб в даному методі враховується дискретність потужностей компенсаторних установок і підвищується точність розрахунків [15].

На основі приведених досліджень на рис. 3.1 представлено алгоритм розрахунку оптимального впровадження установок компенсації реактивної потужності.

1. Розраховуємо p_{kil} для всіх вузлів.
2. Вибираємо вузол з максимальним значенням ефективності p_{kl}^{max} .
3. Розраховуємо максимальне середнє значення ефективності $p_{kl\bar{n}}^{max}$.
4. Зменшуємо реактивне навантаження вузла, де встановлюється КУ, на величину Q_{kif} .
5. Перевірка виконання нерівності $Q_{if} - Q_{kif} > 0$.
6. Кінець розрахунків.

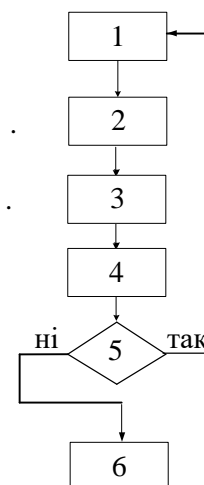


Рисунок 3.1 – Порядок розрахунку оптимального впровадження установок компенсації реактивної потужності; Q_{if} – реактивна потужність i -го вузла на f -му етапі.

3.2 Використання методу компенсації реактивної потужності за економічною ефективністю для електричних мереж ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»».

Реалізація цього методу дає можливість отримати послідовність кроків установки компенсаторів реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», яка на кожному етапі відповідає максимальній економічній ефективності інвестування коштів. Даний алгоритм підприємство може реалізувати дивлячись на свої технічні та економічні можливості [15].

У більшості випадків важливою умовою встановлення установок компенсації реактивної потужності є забезпечення заданої величини економічної ефективності. У даному випадку розрахунки необхідно проводити по методу, схематично показаному на рис. 3.2.

1. Розраховуємо p_{kIf} для всіх вузлів.
2. Вибираємо вузол з максимальним значенням ефективності p_{kI}^{max} .
3. Розраховуємо максимальне середнє значення ефективності $p_{kI\tilde{n}}^{max}$.
4. Зменшуємо реактивне навантаження вузла, де встановлюється КУ, на величину Q_{kif} .
5. Визначаємо залежність $p_{km\tilde{n}}^{max}(Q_{km\Sigma})$.
6. Використовуючи залежність $p_{km\tilde{n}}^{max}(Q_{km\Sigma})$, розраховуємо $Q_{kme} = p_{\zeta}^{-1}(Q_{km\Sigma})$.
7. Величина потужності КУ, знайдена в результаті виконання пункту 6 розподіляється по вузлам у відповідності з попередніми розрахунками.
8. Перевірка виконання нерівності $Q_{if} - Q_{kif} > 0$.
9. Кінець розрахунків.

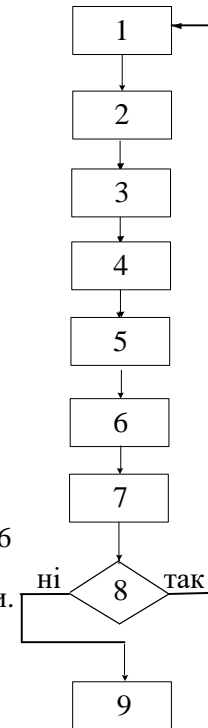


Рисунок 3.2 – Метод розрахунку впровадження установок компенсації реактивної потужності при заданій економічній ефективності

Проведемо розрахунки наведені в алгоритмі вище для отриманої мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»».

Із наведених даних в розділі 2, отримуємо, кабельні лінії виконані кабелем АПвЭВ 10 3х35. На розподільчих пристроях встановлено трансформатори ТМ-1000 10/0,4 кВ. Також приймемо наступні входні дані: тариф на активну електроенергію $T=1,9$ грн/кВт·год, номінальна напруга $U_n = 10$ кВ, середня тривалість роботи установок компенсації реактивної потужності на протязі року $T_{ку} = 3000$ год, сумарний відсоток відрахувань від компенсаторних установок на амортизацію, поточний ремонт та обслуговування складає $p = 17\%$, потужність компенсаторів, яка встановлюється на кожному кроці $Q_{kif} = 50$ кВар Економічний еквівалент реактивної потужності $D=0,001$ кВт/квар.[15].

Необхідно визначити оптимальну послідовність встановлення конденсаторних установок, забезпечити річну ефективність капіталовкладень $p_{кз}=0,35$.

Складемо розрахункову схему електричної мережі підприємства на основі схеми електричної мережі рис 2.3 та зобразимо її на рис. 3.3

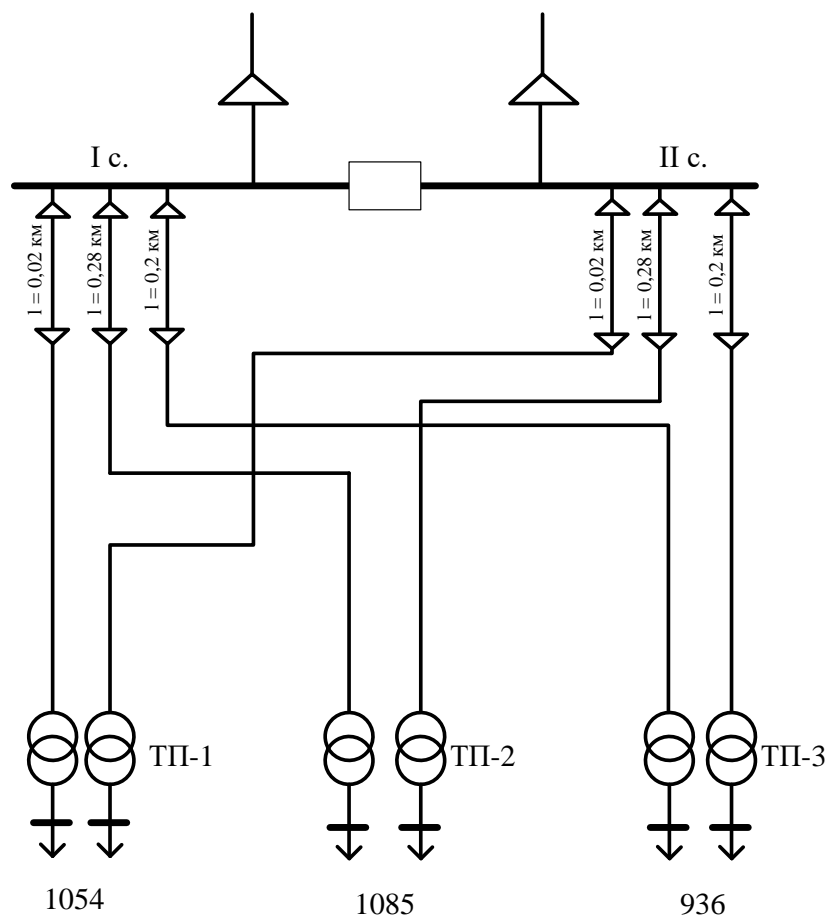


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема електричної мережі підприємства.

Із пункту 2.3, виберемо дані активних опорів елементів схеми електропостачання, дані занесемо до таблиці 2.3.

Таблиця 3.3 Активні опори елементів схеми

Назва елемента на схемі	ТДН 10000 /110	ТМ-1000	КЛ до ТП1	КЛ до ТП2	КЛ до ТП3
Активний опір елемента, Ом	0,058	0,645	0,0223	0,223	0,312

Тепер за формулою (3.2) розрахуємо p_{k1f} для вузлів системи, при встановленні конденсаторних установок потужністю 50 кВар.

$$p_{k11} = \frac{3000 \cdot 1,9 \cdot 10^{-3}}{200} \left[\frac{1}{10^2} (2 \cdot 1054 \cdot 0,85 - 50 \cdot 0,85 + 2 \cdot (1085 + 936) \times 0,058) + 0,001 \right] - 0,17 = 0,395.$$

Аналогічно визначимо параметри ефективності встановлення установок компенсації реактивної потужності для решти вузлів системи, та занесемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 Ефективності в вузлах системи при початковому розрахунку ефективності встановлення установок компенсації реактивної потужності.

p_{k11}	p_{k12}	p_{k13}
0,395	0,408	0,332

З таблиці 3.4 знаходимо максимальне значення ефективності встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності. Виходячи з наведених даних максимальне значення – 0,408 в другому вузлі, отже встановлення КУ проводиться в другому вузлі. Реактивне навантаження даного вузла зменшиться до рівня 1034 кВар, нерівність $1034 > 0$ виконується, тепер проводимо аналогічні

розрахунки необхідних етапів на основі постійно оновлюваних даних в вузлах [15]. Дані розрахунків занесемо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 Етапи розрахунку ефективності встановлення.

№ етапу	p_1	p_2	p_3
2	0,393	0,384	0,331
3	0,369	0,382	0,329
4	0,367	0,358	0,327
5	0,343	0,356	0,326
6	0,341	0,332	0,324

В результаті розрахунків отримуємо послідовність вузлів в яких встановлюються компенсаторні установки з оптимальною економічною ефективністю: 2-1-2-1-2.

По результатам розрахунків побудована залежність на рис 3.4.

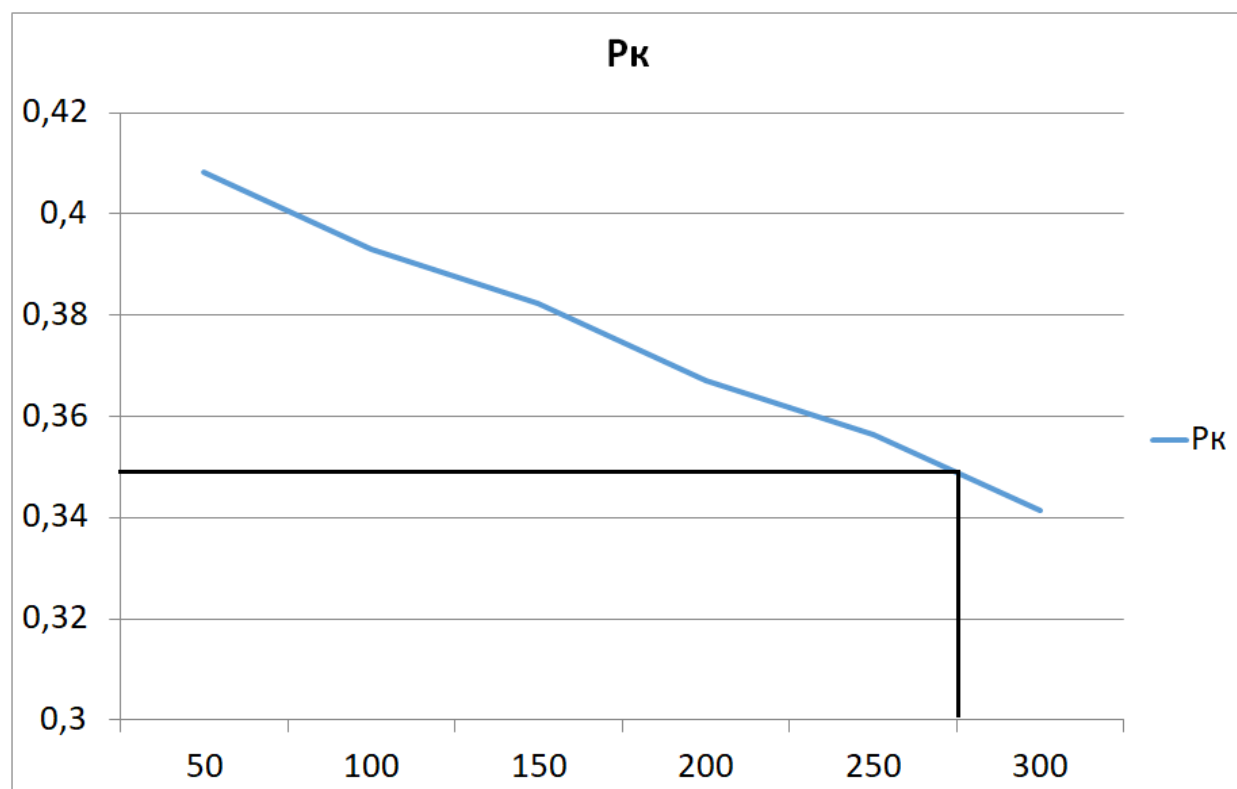


Рис. 3.4 Залежність максимального середнього значення ефективності встановлення компенсаторних установок від їх потужності

Відповідно заданій ефективності 0,35 по одержаному графіку знаходимо $Q_{km\Sigma}=250$ квар. Вказані вище розрахунки показують, що компенсаторні установки слід встановити наступним чином: в першому вузлі – 100 кВар, в другому вузлі – 150 кВар.

Таким чином економічну ефективність впровадження установок компенсації можна значно змінювати за рахунок зміни їх місця встановлення та потужності, а величина потужності установок компенсації, яку доцільно встановити в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», визначається економічними можливостями цього підприємства.

3.3 Аналіз методу компенсації реактивної потужності за відносними спадами напруг в електричній мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»».

Наявність реактивної потужності в мережі приводить не тільки до втрат, але і до зміни напруги в електричній мережі підприємства, обидва ці явища необхідно враховувати при розрахунку компенсації реактивної. Відносні спади напруги визначають питомі втрати активної потужності від передачі реактивної, то при розрахунку послідовності встановлення компенсаторних установок в першу чергу їх необхідно встановлювати у вузлах із максимальним значенням спадів напруги ΔU_* [16]. Отже відповідно до вказаного вище розглянемо оптимізацію процесу впровадження установок компенсації реактивної потужності.

Максимальне зниження втрат на певному етапі встановлення установок компенсації в електричній мережі визначається перебором усіх можливих місць встановлення.

$$\Delta U_{0i} = \frac{P_i \cdot R_{0i} + Q_i \cdot X_{0i}}{U_0}, \quad (3.12)$$

де U_0 – напруга початкової точки вітки.

Напруги у вузлах навантаження електричної мережі розраховані як

$$U_i = U_0 - \Delta U_{0i}. \quad (3.13)$$

Відносні втрати напруги визначені відповідно як

$$\Delta U_{*pRi} = \frac{\Delta U_{pR0i}}{U_i}. \quad (3.14)$$

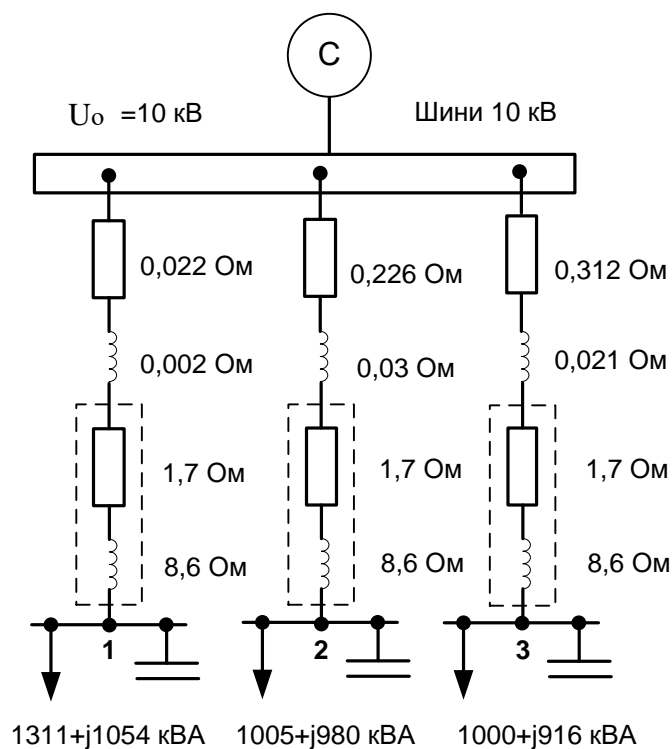


Рис. 3.5 – Схема заміщення ЕМ

Зменшення втрат потужності в електричних мережах при встановленні установок компенсації реактивної потужності. Потужністю Q_k у i -му вузлі на f -му кроці, існуючим методом з [15], визначені як

$$\delta(\Delta P)_{if} = \Delta P_{if}^{\text{до}} - \Delta P_{if}^{\text{після}} = \frac{(2Q_{pf}Q_{kif} - Q_{kif}^2)R}{U_f^2}, \quad (3.14)$$

де $\Delta P_{if}^{\text{до}}, \Delta P_{if}^{\text{після}}$ – втрати активної потужності від перетоків реактивної потужності до i -го вузла у системі електропостачання відповідно до i після встановлення на f -му етапі.

На першому етапі розрахунку отримали наступні значення ΔU_{*i} : $\Delta U_{*1}=0,1133$; $\Delta U_{*2}=0,1129$; $\Delta U_{*3}=0,0991$.

Визначаємо $\Delta U_{*f}^{\text{max}}$. На першому кроці: $\Delta U_{*1}^{\text{max}} = \Delta U_{*1} = 0,1133$. Отже, установки компенсації встановимо в першому вузлі.

На кожному наступному етапі аналогічно знаходимо максимальні значення відносних втрат напруги $\Delta U_{*f}^{\text{max}}$ і відповідні місця встановлення КУ. Результати розрахунків 1-3 етапів зведені у таблицю 3.5, а на усіх етапах представлені на графіках (рис. 3.6 - 3.7)[15].

Таблиця 3.5 Результати розрахунку за методом відносних втрат напруги.

№ Вузла				Параметр
	Вузол №1	Вузол №2	Вузол №3	
Етап				
1	9,887	9,887	9,901	U_1
	0,1133	0,0113	0,0991	ΔU_1
	0,0113	0,01129	0,0099	ΔU_{pr1}
	3,459	3,477	2,961	$\delta(\Delta P)_1$
2	9,895	9,887	9,901	U_2
	0,1047	0,0113	0,0991	ΔU_2
	0,0105	0,01129	0,0099	ΔU_{pr2}
	3,114	3,477	2,961	$\delta(\Delta P)_2$
3	9,895	9,896	9,901	U_3
	0,1047	0,1043	0,0991	ΔU_3
	0,0105	0,0104	0,0099	ΔU_{pr3}
	3,114	3,209	2,961	$\delta(\Delta P)_3$
4	9,904	9,896	9,901	U_4
	0,096	0,1043	0,0991	ΔU_4
	0,0096	0,0104	0,0099	ΔU_{pr4}
	2,77	3,209	2,961	$\delta(\Delta P)_4$
5	9,904	9,904	9,901	U_5
	0,096	0,0957	0,0991	ΔU_5
	0,0096	0,0096	0,0099	ΔU_{pr5}
	2,77	2,824	2,961	$\delta(\Delta P)_5$
6	9,904	9,904	9,904	U_6
	0,096	0,0957	0,0904	ΔU_6
	0,0096	0,0096	0,009	ΔU_{pr6}
	2,77	2,824	2,559	$\delta(\Delta P)_6$

У результаті одержимо, що КУ доцільно установлювати послідовно у таких вузлах: 1 – 2 – 1 – 2 – 3.

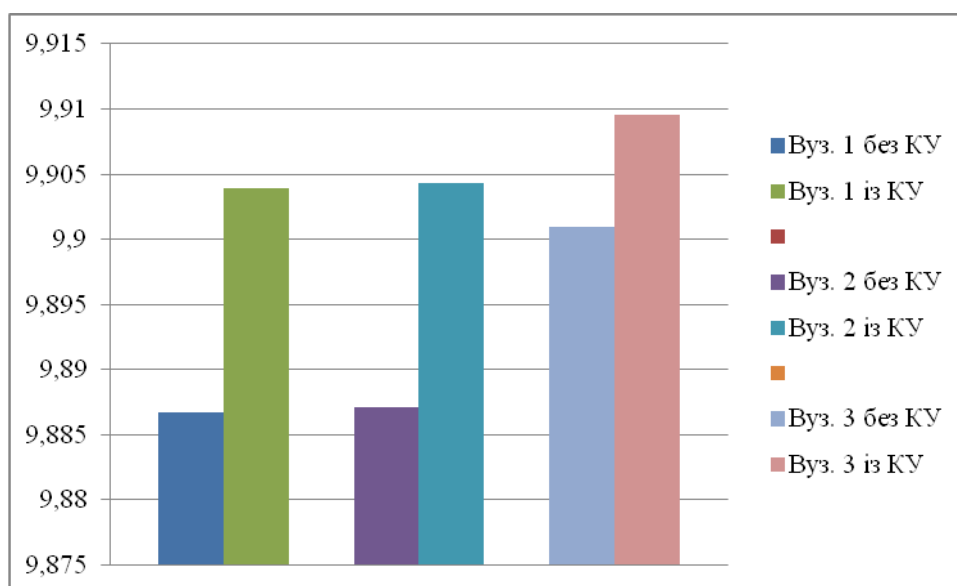


Рисунок 3.6 – Графік зміни значення напруг у вузлах PEM до і після встановлення КУ

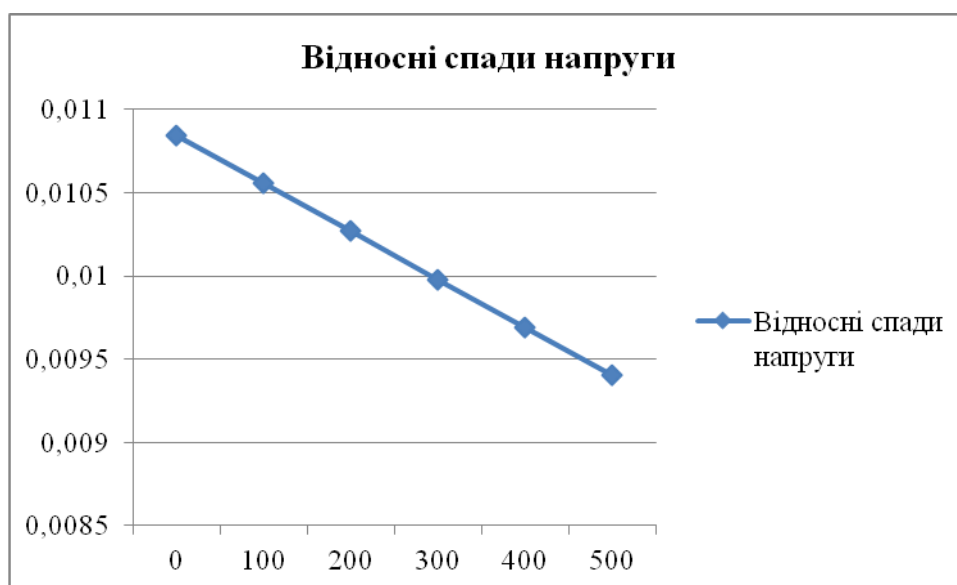


Рисунок 3.7 – Графік функції зниження відносних втрат напруги ΔU_{*PR} у РМ від сумарної потужності КУ $Q_{к\sigma}$

Як видно з результатів розрахунку:

- послідовності установлення КУ, визначені існуючим і запропонованим методами, співпадають;
- запропонований метод забезпечує задане допустиме значення відносної втрати напруги ΔU_*^{don} .

Таким чином використання відносних втрат напруги дозволяє проводити розрахування поетапного установлення КУ, що на відміну від відомих методів, дозволяє спростити процес оптимізації шляхом її лінеаризації [16].

Висновки

1. Показано, що економічні еквіваленти реактивної потужності мають такий же економічний зміст як коефіцієнти розподілу втрат, що дозволяє розраховувати ці еквіваленти за допомогою вказаних коефіцієнтів [15].

2. Розроблено метод розрахунку поетапного впровадження КУ в мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»», який дає можливість забезпечити максимальну ефективність впровадження як на кожному з етапів так і в цілому за весь період впровадження[15].

3. Розроблено метод поетапного установлення установок компенсації реактивної потужності на основі відносних втрат напруги, який на відміну від відомих, дозволяє спростити процес планування[15].

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У відповідності з схемою електричної мережі підприємства, на рисунку 4.1, та даних, що вказані у розділі 2, необхідно виконати наступні розрахунки:

1. Величина капітальних вкладень в ТП, кабельні лінії та вимикачі.

2. Величина складових експлуатаційних витрат:

- витрати на матеріали;
- витрати на заробітну плату;
- втрати в мережах підприємства;
- амортизаційних витрат.

3. Оплата за спожиту електроенергію.

4. Собівартість електроенергії на підприємстві.

В таблиці 4.1 наведено характеристики ТП, необхідні для розрахунків, в таблиці 4.2 – кабельних ліній.

Таблиця 4.1 – Характеристики ТП

№	Марка трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП-1	ТМ-1000	2	1690,93
ТП-2	ТМ-1000	2	1532,5
ТП-3	ТМ-1000	2	1371,5

Таблиця 4.2 – Характеристики кабельних ліній

Назва лінії	Довжина, км	Марка кабелю	Кількість
С-ЦРП	2	АПвЭБВ-10 3x120	2
ЦРП-ТП1	0,02	АПвЭВ-10 3x35	2
ЦРП-ТП2	0,28	АПвЭВ-10 3x35	2
ЦРП-ТП3	0,2	АПвЭВ-10 3x35	2

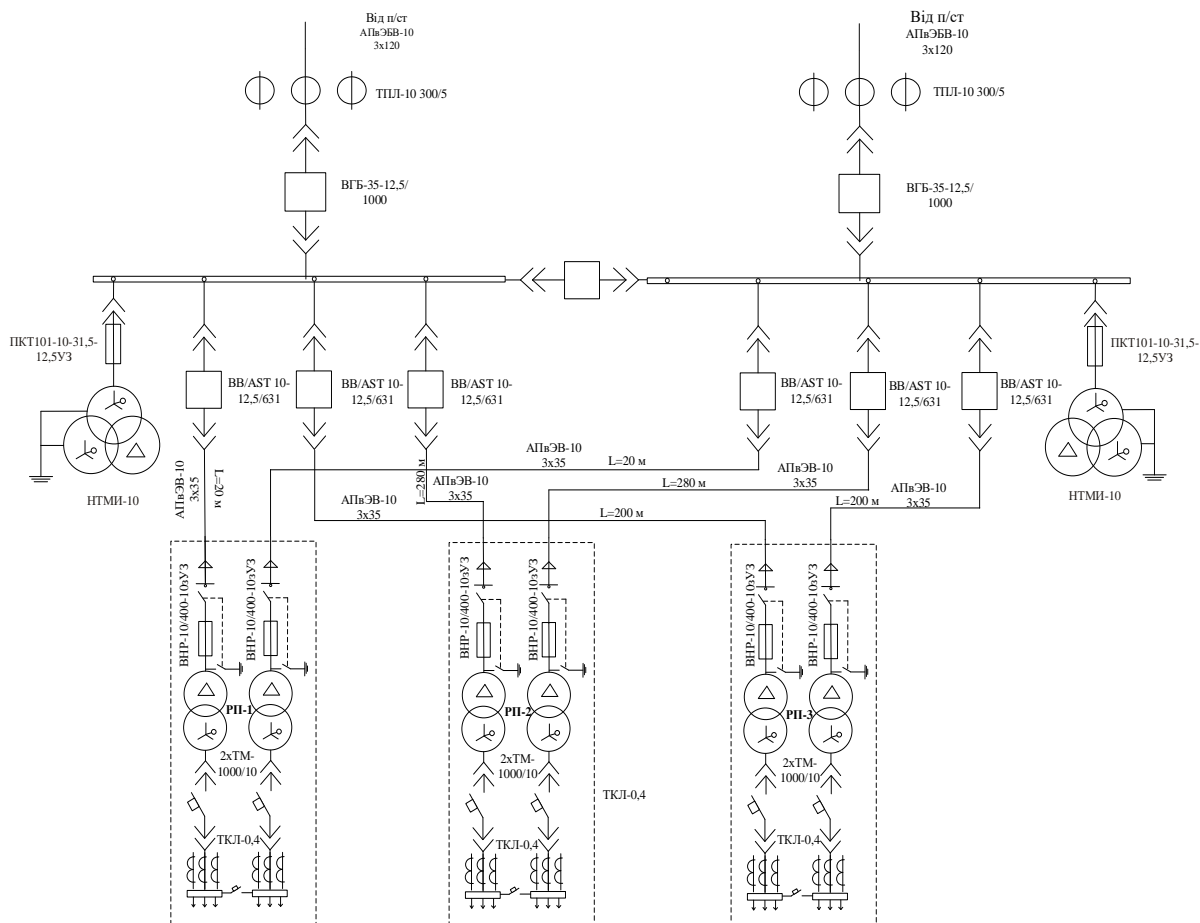


Рисунок 4.1 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

4.1 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконується з використанням вартості кабелів, та прокладання.

Капітальні вкладення визначаються за виразом 4.1:

$$K_{л} = (K_{пит} * n + K_{прок}) \cdot L, \text{ [тис. грн.];} \quad (4.1)$$

де $K_{пит}$ - питома вартість одного кілометра кабелю, тис. грн./км.; L - довжина лінії, км.; $K_{прок}$ - питома вартість прокладання, тис. грн./км.

Обчислимо вартість проведення лінії від ЦРП до ТП2 (АПвЭВ-10 3x35) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{л1} = (K_{пит1} * n + K_{прок1}) L_1 = (39,44 * 2 + 10,9) \cdot 0,28 = 25,14 \text{ (тис. грн.).}$$

Результати розрахунків інших ліній заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Капіталовкладення в ЛЕП.

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	К _{пит} тис.грн	К _{прок} , тис.грн	L, км	К _л , тис.грн
С-ЦРП	АПВЭВВ-10 3x120	2	65,34	14,6	2	290,56
ЦРП-ТП1	АПВЭВ-10 3x35	2	39,44	10,9	0,02	1,79
ЦРП-ТП2	АПВЭВ-10 3x35	2	39,44	10,9	0,28	25,14
ЦРП-ТП3	АПВЭВ-10 3x35	2	39,44	10,9	0,2	17,96
Разом						335,45

Капітальні вкладення для електричних підстанцій (К_{пс}) визначаються за виразом 4.2:

$$K_{пс} = \sum_{i=1}^1 K_{псі} + K_{пост}, [\text{тис. грн.}]; \quad (4.2)$$

де $K_{псі}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн. [3], i – кількість трансформаторів в підстанції, $K_{пост}$ - постійні витрати прийняті у розмірі 20 % від вартості підстанцій, практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з створенням майстерень, із структурою території, лабораторій і диспетчерських пунктів тощо.

Використовуючи інформацію із таблиць [3] визначимо капіталовкладення для ТП-1:

$$K_{псі}=410+82=492 \text{ (тис.грн).}$$

Результати розрахунків капіталовкладень занесемо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип трансформатора	Кількість тр-рів	К _{од} , тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{пс} , тис.грн
ТП-1	ТМ-1000	2	410	82	492
ТП-2	ТМ-1000	2	410	82	492
ТП-3	ТМ-1000	2	410	82	492
Разом					1476

Розрахуємо капітальні вкладення в високовольтні вимикачі вимикачі

Всього в системі передбачено шість вимикачів на напругу десять кіловольт, та два на тридцять п'ять кіловольт.

Відповідно для лінії 10 кВ:

$$K_{B10}=7 \cdot 30=210(\text{тис. грн.}).$$

Та для лінії 35 кВ:

$$K_{B10}=2 \cdot 150=300(\text{тис. грн.}).$$

Отже сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства:

$$K=335,45+1476+300+210=2321,45(\text{тис.грн.}).$$

4.2 Розрахунок поточних витрат

4.2.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Виходячи з трудомісткості робіт, які необхідно виконувати визначають чисельність робітників для технічного обслуговування і поточного ремонту всього енергоустаткування і мереж.

Чисельність робітників визначається за виразом 4.3

$$T_{\text{тр}} = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot \beta_p \cdot h, [\text{чол.}] \quad (4.3)$$

де Π - число ремонтів даного виду в рік, на одиницю обладнання, $t_{\text{норм}}$ - норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год, β_p – поправочний коефіцієнт, h - кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить цьому виду ремонтних робіт.

Поправочний коефіцієнт для однозмінного підприємства визначається як:

$$\beta_p = \frac{2}{K_{\text{см}}} = \frac{2}{1} = 2;$$

У виразі (4.3),

Визначимо кількість людино-годин для вимикачів 10 кВ, люд.-год/рік:

$$T_{\text{прі}} = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot \beta_p \cdot h = 1 \cdot 16 \cdot 2 \cdot 6 = 192 \text{ (люд.-год/рік.)}$$

Аналогічно проведемо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та занесемо їх результати до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Елемент мережі	Кількість	Поточний			Огляд		
		К-сть на одиницю Обладнання	Норма трудомісткості люд-год	Загал. трудомісткість люд-год	К-сть на одиницю обладнання	Норма трудомісткості люд-год	Загаль. трудомісткість люд-год
Трансформатор ТМ-1000, шт.	6	0,33	120	475,2	12	9	648
Вимикач 10кВ, шт.	7	1	16	224	12	2	144
Вимикач 35 кВ, шт	2	1	40	160	12	3	72
Кабельна лінія 35 мм ² , км	1	1	40	80	1	2	2
Кабельна лінія 120 мм ² , км	2	1	80	320	1	2	4
Разом:				1259,2			894

За допомогою (4.4) визначимо трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, [\text{люд.-год./р.}] \quad (4.4)$$

де 12 – кількість місяців у році, $t_{\text{пр}}$ – планова трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [3], $K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, $1/\text{міс}$, $K_{\text{ср}} = 0,1$, h – кількість обладнання.

Використовуючи (4.4), визначимо трудомісткість для вимикачів (10 кВ), люд.-год/рік:

$$T_{\text{обсі}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 7 = 168 \text{ (люд.-год/рік)}.$$

Аналогічно проводимо розрахунки для інших елементів і внесемо їх в таблицю 4.6.

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування елементів внутрішньозаводської мережі.

Елемент мережі	Кількість	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд-год
		Змінність	Коеф. склад. Ремонтів $K_{\text{ср}}$	К-сть місяців	Загал. Трудомістк. люд-год	
Силовий тр. ТМ-1000	6	1	0,1	12	960	1608
Вимикач 10кВ, шт	7	1	0,1	12	180	324
Вимикач 35 кВ, шт	2	1	0,1	12	160	232
Кабельна лінія 35 мм ² , км	1	1	0,1	1	80	84
Кабельна лінія 120 мм ² , км	2	1	0,1	1	240	242
Разом:					1620	2490

Кількість експлуатаційних робітників знаходимо із (4.5), чол.:

$$N_{обсл} = \frac{T_{обсл}}{\Phi_{д} \cdot K_{ВН}}, [\text{чол.}] \quad (4.5)$$

де $T_{обсл}$ - річна планова трудомісткість технічного обслуговування з обліком трудозатрат на огляди (перевірки, іспити), створювані як самостійні операції, люд-год, $\Phi_{д}$ - дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робочого в рік; звичайно приймається рівним 1900 год, $K_{ВН}$ - плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках можна брати для ремонтного персоналу його значення 1,10, а для експлуатаційного - 1,05;

$$N_{обс} = \frac{2185,2}{1900 \cdot 1,05} = 1,19 \text{ (чол.)}.$$

Для персоналу, що виконує ремонтні роботи визначимо із (4.6), чол.:

$$N_{тр} = \frac{T_{тр}}{\Phi_{д} \cdot K_{ВН}}, [\text{чол.}] \quad (4.6)$$

де $T_{тр}$ - річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд-год.;

$$N_{тр} = \frac{1259,2}{1900 \cdot 1,1} = 0,61 \text{ (чол.)}.$$

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

4.2.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою (4.7), грн./рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, [\text{грн./рік}] \quad (4.7)$$

де $N_{\text{обс}}$ - число експлуатаційного персоналу по списку, люд., β_n - коефіцієнт використання річного номінального фонду робочого часу (можна приймати рівним 0.9); $t_{\text{ге}}$ - годинна тарифна ставка, що відповідає середньому тарифному розряду експлуатаційних робітників, рівному 3 та 5 розряду; Φ_d - ефективний фонд часу одного робітника в рік, год.

Годинну тарифну ставку ($t_{\text{ге}}$) рекомендується розраховувати за формулою (4.8):

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_I, [\text{грн./год}] \quad (4.8)$$

де $K3, K4$ – тарифні коефіцієнти для 3 та 4 розрядів, відповідно, [3]; C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою (4.9):

$$C_i = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{\text{г.і}}}{\Phi_H}, [\text{грн./год}] \quad (4.9)$$

де Z_{min} – мінімальний розмір заробітної плати; $k_{\text{г.і}}$ – тарифний коефіцієнт робітника і-го розряду; Φ_H – номінальний місячний фонд робочого часу ($\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$ год).

На даний момент розмір мінімальної заробітної плати становить – 4173 грн. Визначимо розмір годинної тарифної ставки:

$$C_I = 4173 \cdot 1 / 176 = 23,7 (\text{грн./год}).$$

Годинна тарифна ставка робітників 3 та 5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_I = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 23,7 = 29,045 (\text{грн./год}).$$

Загальна заробітна плата робітників-погодинників на рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{re} \cdot \Phi_d = 2 \cdot 0,9 \cdot 29,045 \cdot 1900 = 99334, \text{ (грн./рік)}.$$

Для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою (4.10), грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, [\text{грн./рік}] \quad (4.10)$$

де $t_{\text{гр}}$ – годинна тарифна ставка робітників-ремонтників 4 та 5 розрядів, що визначається за формулою (4.11)

$$t_{\text{гр}} = (K_4 + K_5) / 2 \cdot C_b, [\text{грн./год}] \quad (4.11)$$

де K_4, K_5 – тарифні коефіцієнти для робітників-ремонтників 4 та 5 розрядів, відповідно.

Розраховуємо годинну тарифну ставку робітників-ремонтників 4 та 5 розрядів та відповідний фонд прямої заробітної плати:

$$t_{\text{гр}} = (K_4 + K_5) / 2 \cdot C_1 = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 23,7 = 31,18 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}} = 1227,2 \cdot 31,18 = 38262,8 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати визначається за (4.12), грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1 + 0.05 + 0.01 + \alpha), [\text{грн./рік}], \quad (4.12)$$

де Φ - тарифний фонд заробітної плати експлуатаційних робітників (Φ_e) або фонд прямої заробітної плати ремонтного персоналу (Φ_p), 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.

Визначимо величину основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = \Phi_e(1+0.05+0.01+\alpha)=99333,9 \cdot (1+0,05+0,01+0,2)=125160,8 \text{ (грн./рік)}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = \Phi_p(1+0.05+0.01+\alpha)=38262,8 \cdot (1+0,05+0,01+0,25)=50124,28 \text{ (грн./рік)}.$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати визначається із (4.13), грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, [\text{грн./рік}] \quad (4.13)$$

І складає, для експлуатаційних робітників і ремонтних відповідно:

$$\Phi_{оед} = \Phi_{oe} \cdot 1,15 = 125160,84 \cdot 1,15 = 143934,96 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = \Phi_{op} \cdot 1,15 = 50124,28 \cdot 1,15 = 57642,917 \text{ (грн./рік)}.$$

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

$$C_{зп} = \Phi_{од} \cdot \left(1 + \frac{\beta_c + \beta_n + \beta_z}{100}\right),$$

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

β_z - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_z = 1,5\%$;

β_c - нарахування на соціальне страхування, $\beta_c=1,5\%$.

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{ЗПЕ}} = \Phi_{\text{ОЕД}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_c + \beta_n + \beta_z}{100}\right) = 143934,9619 \cdot \left(1 + \frac{1,5+32+1,5}{100}\right) = 194312,2 \text{ (грн./рік)}$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{ЗПР}} = \Phi_{\text{ОРД}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_c + \beta_n + \beta_z}{100}\right) = 57642,917 \cdot \left(1 + \frac{1,5+32+1,5}{100}\right) = 77817,94 \text{ (грн./рік)}.$$

4.2.3 Планування вартості витратних матеріалів.

Необхідні дані для розрахунку беремо з [2], враховуючи збільшення ціни матеріалу на сьогоднішній день втричі, результати розрахунків заносимо до таблиці 4.7. Вартість матеріалу на технічну операцію обчислюється за формулою (4.14):

$$C_m = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{\text{ЛО}} \right), [\text{Грн.}] \quad (4.13)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів, T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів (беремо з табл. 4.6), L – сумарна довжина кабелів, $C_{\text{ЛО}}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів

Матеріал	Ціна матеріалу в грн.	Норми витрати на 100 чол.·год. працемісткості ремонту і техн. обслуговування	Вартість матеріалу, грн.
Трансформаторні підстанції ТМ-1000			
Картон електроізоляційний, кг	58,01	7	81,21
Провід установочний, м	5,55	0,5	2,78
Сталь сортова, кг	12,2	73	73,20
Мідь-алюміній (гола), кг	111,36	1,6	6904,32
Кабельний папір, кг	49,14	0,6	29,48
Стрічка кіперна, кг	500,47	41	20018,8
Стрічка тафтяна, кг	425,2	24	7653,6
Масло трансформаторне, кг	24,36	0,08	14,13
Лаки ізоляційні, кг	71,88	1,6	107,82
Емалі ґрунтові, кг	78,85	3,1	197,11
Бензин, кг	12,36	0,9	8,65
Розчиники, кг	34,83	1	27,87
Маслостійка гума, кг	89,35	0,5	35,74
Лакотканина, м	155,89	0,09	31,18
Припой олов'яно-свинцевий, кг	750,69	0,02	15,01
Припой мідно-фосфорний, кг	158,12	-	4,74
Електроди, кг	29,37	0,2	4,41
Засоби кріплення, кг	37,41	2,5	74,83
Матеріал обжиму, кг	48,72	0,5	19,49
Разом:	35304,37		
Кабельні лінії			
Сталь сортова, кг	13,38	2	26,77
Електроди, кг	29,37	0,1	2,94
Разом:	29,71		

Обчислимо вартість матеріалів на ремонт:

$$C_{\text{мпр}}=0,01[475,2 \cdot 35304,37+(80+320) \cdot 16,63]=167831,128 \text{ (грн./рік)}$$

і вартість матеріалів на технічне обслуговування:

$$C_{\text{мто}}=0,01[1476 \cdot 35304,37+(48+192) \cdot 16,63]=521126,952 \text{ (грн./рік)}.$$

Отже, можна розрахувати витрати на обслуговування електроустановок і мереж, грн/рік:

$$C_{\text{обс}} = C_{\text{зпе}} + C_{\text{мто}} = 521126,952 + 194312,2 = 715439,15 \text{ (грн/рік)};$$

А також витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{зпр}} + C_{\text{мпр}} = 77817,94 + 167831,13 = 70003,24 \text{ (грн/рік)}.$$

4.2.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою (4.14):

$$C_a = a \cdot K, [\text{грн/рік}] \quad (4.14)$$

де a – норма амортизації, %, K – капіталовкладення (визначені в п. 4.1), грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 2291,45 = 137,49 \text{ (тис.грн/рік)}.$$

Інші витрати - приймаються в розмірі 20-30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію і обчислюються за (4.15), грн/рік:

$$C_{\text{іп}} = \beta_{\text{іп}}(C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a); [\text{грн/рік}] \quad (4.15)$$

де $\beta_{\text{іп}}$ - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip}=0,25 \cdot (715439,15+245649,07+137487) = 274643,8 \text{ (грн/рік)}.$$

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

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	715439,15	52
Витрати на поточний ремонт	245649,06	18
Витрати на амортизацію	137487	10
Інші витрати	274643,8	20
Разом	1373219,02	100

4.3. Розрахунок собівартості електроенергії

4.3.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання електроенергії і-го цеху визначається за формулою (4.16), кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{II} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, [\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}] \quad (4.16)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху (наведено на рис. 2.1), кВт, T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження, і-го цеху (береться з галузевих інструкцій та довідкових матеріалів; величина T_m у

середньому за рік складає для однозмінних підприємств – 2000–3000 год;), прийmemo 2500 , год., $K_{п}$ – коефіцієнт попиту.

Визначимо річні витрати активної електроенергії для заготівельного цеху:

$$E_{a11} = 78,9 \cdot 2500 = 197250 \text{ (кВт*год./ рік)}.$$

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

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Найменування цеху	Число	T_m , год	P_p , кВт	E_a , кВт*год/рік
Механічний	1	2500	55,9	139750
Заготівельний	1	2500	78,9	197250
Зварювальний	1	2500	199,56	498900
Намоточний	1	2500	244	610000
Збирально-монтажний	1	2500	168,48	421200
Адміністративний	1	2500	97,8	244500
Термопластів	1	2500	466,56	1166400
Стал.-ал. лиття	1	2500	618,63	1546575
Інструментальний	1	2500	386,7	966750
Ковально-штамповочний	1	2500	304	760000
Лако-фар. і гальв. покр.	1	2500	442,2	1105500
Ремонтно-механічний	1	2500	155,6	389000
Очисні споруди	1	2500	98,6	247250
РАЗОМ				8293075

Для визначення повної потреби підприємства в електроенергії необхідно до отриманого результату додати втрати електроенергії в лініях і трансформаторах.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо за (4.17):

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot n \cdot I_m^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, [\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}]; \quad (4.17)$$

Де n – кількість кіл лінії (вважаємо, що лінії працюють роздільно, а не паралельно), I_m – максимальний струм у лінії, А, τ – час максимальних втрат,

год./рік., $R = r_0 \cdot L$ – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом, r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км, L – довжина лінії, км.

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження, для нашого підприємства з однозмінною роботою $T_M = 2500$ год. і дорівнює 1225,31 год/рік.

Для лінії ЦРП – ТП1:

Активний опір однієї фази проводу від системи до ЦРП:

$$R = 0,769 \cdot 2 = 1,538 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно втрати електроенергії в цій лінії:

$$\Delta E_{л} = 3 \cdot n \cdot I_M^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3} = 3 \cdot 3 \cdot 39,6^2 \cdot 1,538 \cdot 1225,31 \cdot 10^{-3} = 287431,72 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

Аналогічно проводимо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Найменування лінії	Марка проводу	К-сть	Довжина, км	I_M , А	R, Ом	τ , год/рік	$\Delta E_{л}$, кВт*год
С – ЦРП	АПвЭБВ-10	2	2	130,18	1,538	1225,31	287431,7
ЦРП-ТП-1	АПвЭВ-10 3x35	2	0,02	48,81	0,022	1225,31	584,83
ЦРП-ТП-2	АПвЭВ-10 3x35	2	0,28	44,24	0,312	1225,31	6726,25
ЦРП-ТП-3	АПвЭВ-10 3x35	2	0,2	39,6	0,22	1225,31	3849,52
РАЗОМ							298592,85

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою (4.18), кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, [\text{кВт·год/рік}] \quad (4.18)$$

де n - кількість трансформаторів; $\Delta P_{\text{кз}}$ і $\Delta P_{\text{хх}}$ – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт; T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік); $S_{\text{ф}}$ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА; $S_{\text{н}}$ - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип Транс-ра	К-сть тр-рів	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	$S_{\text{р}}$, кВА	$S_{\text{н}}$, кВА	$\Delta E_{\text{т}}$, кВт*год/рік
ТП-1	ТМ-1000	2	2,2	12,2	1691	1000	38561,44
ТП-2	ТМ-1000	2	2,2	12,2	1533	1000	38558,32
ТП-3	ТМ-1000	2	2,2	12,2	1372	1000	38555,47
РАЗОМ							115675,24

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

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{т}} = 8293075 + 298592,85 + 115675,24 = 8707342,6 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію, грн./рік (4.19):

$$\Pi = v \cdot E, [\text{грн./рік}] \quad (4.19)$$

де v – тарифна плата за електроенергію, $v = 2,8$ грн./кВт·год, E - кількість електроенергії, що споживається;

$$\Pi = 2,8 \cdot 8707342,6 = 24380559,16 \text{ (грн./рік)};$$

4.3.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної споживаної підприємством (4.20) однієї кіловат-години електроенергії, грн./кВт·год.:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, [\text{грн/кВт}\cdot\text{год}] \quad (4.20)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, грн/рік, E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства (4.21) на електроенергію за рік будуть складати, грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, [\text{грн/рік}] \quad (4.21)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії, їх величина наведена в табл. 4.8 і складає величину

$$C_{\text{п}} = 1373219,021 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}} = 24380559,16 + 1373219,021 = 25753778,18 \text{ (грн/рік)}.$$

Таким чином, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{C_{\text{сум}}}{E_a} = 3,1 \text{ (грн./кВт}\cdot\text{год.)}.$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 – Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої ел.енергії	E_a	8293075	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	E	8707342,6	кВт·год.
Плата за електроенергію	Π	24380559,1	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.енергії	$C_{\text{п}}$	1373219,02	грн.
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	25753778,1	грн.
Собівартість ел.енергії	S	3,1	грн./кВт·

Висновок до розділу.

Таким чином в даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників системи електропостачання ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» та розраховано собівартість електричної енергії.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

У випускній кваліфікаційній роботі досліджується компенсація реактивної потужності в електричних мережах та розглянуті умови праці на ПРАТ «Вінницький завод «Маяк». Згідно ГОСТ 12.003-74, при обслуговуванні оперативно-ремонтним персоналом обладнання, зокрема для компенсації реактивної потужності в електричних мережах підприємства, існують наступні шкідливі та небезпечні фактори.

Фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- підвищений рівень шуму;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого може виникнути через тіло людини.

Хімічні:

по характеру дії на організм людини:

- загальнотоксичні (оксид вуглецю);

по шляху проникнення в організм людини через:

- органи дихання;

Психофізіологічні:

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

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Організація робочих місць електротехнічного оперативно-ремонтного персоналу підприємства, який контролює роботу обладнання для компенсації реактивної потужності, повинно відповідати вимогам НПАОП 0.00-1.28-10.

Приміщення, в якому знаходять робочі місця персоналу, має площу 27 м², при висоті стелі 3,0 метри. У приміщенні є 2 вікна шириною 2,3 м і висотою 1,5 м і двері шириною 1,5 м. У приміщенні працює 4 особи (рис. 5.1). Тобто площа на одного працівника складає 6,75 м², що повністю відповідає встановленим нормам. Крім того, передбачається наявність таких побутових приміщень як роздягальня, кімната особистої гігієни, медпункт.

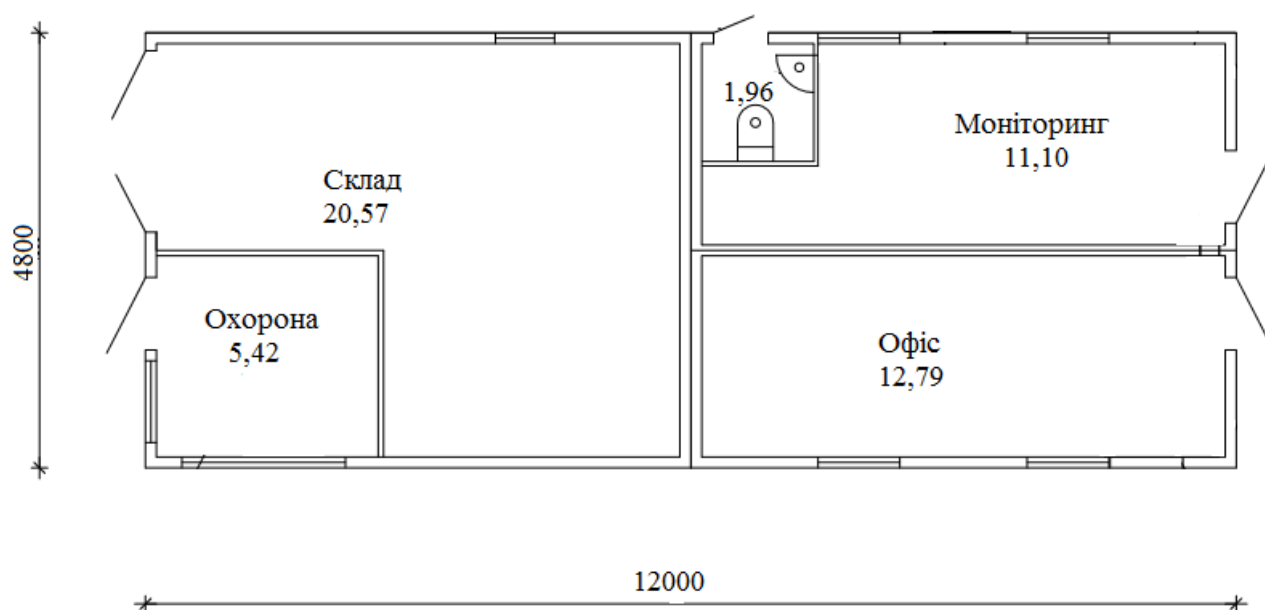


Рисунок 5.1 – Схема приміщення, де працює персонал

Конструкція робочого місця відповідає сучасним вимогам ергономіки і забезпечує оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (дисплея, клавіатури) і документів. Висота робочої поверхні столу становить 750 мм, а ширина - 1300 мм, глибина - 900 мм. Робочий стіл має

простір для ніг заввишки 700 мм, завширшки – 950 мм, завглибшки (на рівні колін) 550 мм.

Робоче крісло є підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з переднім заокругленим краєм. Висота поверхні сидіння регулюється в межах від 400 до 500 мм, а ширина і глибина становлять по 450 мм. Кут нахилу спинки регулюється в межах від 0° до 30° відносно вертикального положення. Для зниження статичного напруження м'язів верхніх кінцівок встановлені стаціонарні підлокітники завдовжки 250 мм. Поверхня сидіння відповідає усім вимогам.

Зручна робоча поза при роботі з комп'ютером забезпечується регулюванням висоти робочого столу, крісла та підставки для ніг. Раціональною робочою позою може вважатися таке положення, при якому ступні працівника розташовані горизонтально на підлозі або підставці для ніг, стегна зорієнтовані у горизонтальній площині, верхні частини рук - вертикальні.

Монітор комп'ютера розташовується на відстані 700 мм від очей користувача. Клавіатура розташована на поверхні столу на відстані 200 мм від краю, звернутого до працюючого. У конструкції клавіатури передбачений опорний пристрій, який дає змогу змінювати кут нахилу поверхні клавіатури у межах від 5 до 15. Таким чином, ергономічні параметри робочого місця відповідають вимогам до їх організації та конструкції та забезпечують підтримання оптимальної робочої пози під час праці.

Робоче місце розташоване на відстані не менше 1,5 м від стіни з вікнами, від інших стін на відстані 1 м. Відносно вікон робоче місце доцільно розташовувати таким чином, щоб природне світло падало на нього збоку, переважно зліва. В даному випадку, перше робоче місце не відповідає зазначеній вимозі.

Екран дисплея дослідника розташований перпендикулярно до напрямку погляду. При роботі з текстовою інформацією (в режимі введення даних та

редагування тексту, читання з екрану) найбільш фізіологічним правильним є зображення чорних знаків на світлому (чорному) фоні.

Періодично досліднику необхідно рухатися, вчасно змінювати положення тіла і робити перерви у роботі. При напруженій роботі за комп'ютером щогодини необхідно робити перерву на 15 хвилин через кожну годину і треба займатися іншою справою. Декілька разів на годину бажано виконувати серію легких вправ для розслаблення.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

- увімкнути систему кондиціонування в приміщенні;
- перевірити надійність встановлення апаратури на робочому столі.

Повернути монітор так, щоб було зручно дивитися на екран - під прямим кутом (а не збоку) і трохи зверху вниз, при цьому екран має бути трохи нахиленим, нижній його край ближче до оператора;

- перевірити загальний стан апаратури, перевірити справність електропроводки, з'єднувальних шнурів, штепсельних вилок, розеток, заземлення захисного екрана;

- відрегулювати освітленість робочого місця;

- відрегулювати та зафіксувати висоту крісла, зручний для користувача нахил його спинки;

- приєднати до системного блоку необхідну апаратуру. Усі кабелі, що з'єднують системний блок з іншими пристроями, слід вставляти та виймати при вимкненому комп'ютері;

- ввімкнути апаратуру комп'ютера вимикачами на корпусах в послідовності: монітор, системний блок, принтер (якщо передбачається друкування);

- відрегулювати яскравість свічення монітора, фокусування, контрастність. Не слід робити зображення надто яскравим, щоб не втомлювати очей.

Працівник під час роботи зобов'язаний:

- виконувати тільки ту роботу, яку йому було доручено;
- підтримувати порядок і чистоту на робочому місці;
- тримати відкритими всі вентиляційні отвори обладнання;
- коректно закрити всі активні завдання у разі припинення роботи з комп'ютером;
- негайно відключити комп'ютером від електричної мережі у разі виникнення аварійної ситуації.

У ході виконання робіт працівник повинен:

- витримувати відстань від очей до екрана комп'ютером в межах 60 - 70см;
- дотримуватися внутрішньозмінного режиму праці та відпочинку, регламентованих перерв у роботі, а саме (при 8-годинній денній робочій зміні):
 - для розробників програм - тривалістю 15 хвилин через кожен годину роботи;
 - для інших категорій працівників - тривалістю 15 хвилин через кожні дві години роботи;
 - для операторів комп'ютерного набору - тривалістю 10 хвилин, після кожної години роботи.

Не допускається:

- виконання ремонту та налагодження комп'ютерної техніки безпосередньо на робочому місці оператора;
- зберігання біля комп'ютера паперу, дискет, інших носіїв інформації, запасних блоків, деталей тощо, якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- відключення захисних пристроїв, самочинні зміни в конструкції комп'ютера;
- використання комп'ютерів, на екранах яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані тощо;

- доторкання до задньої панелі системного блоку при включеному живленні;

- вимикання живлення під час виконання активного завдання;

- попадання вологи на поверхню системного блоку, монітора, клавіатури, дисководів, принтерів та інших пристроїв;

- приймання напоїв та їжі на робочому місці.

У випадку виникнення аварійної ситуації працівник зобов'язаний:

- у всіх випадках виявлення пошкодження проводів електричного живлення, несправності заземлення та інших пошкодженнях електрообладнання, виникненні запаху гарі, диму - негайно вимкнути електричне живлення і повідомити про аварійну ситуацію свого безпосереднього керівника й чергового електрика;

- при попаданні людини під електричну напругу негайно звільнити її від дії струму шляхом вимкнення електричного живлення, до прибуття лікаря надати потерпілому долікарську медичну допомогу;

- при будь-яких випадках порушень роботи технічного обладнання або програмного забезпечення негайно викликати представника технічної служби з питань експлуатації обчислювальної техніки;

- у випадку виникнення різі в очах, різкого погіршення зору, виникнення головного болю, больових відчуттів у пальцях та кистях рук, посилення серцебиття - негайно припинити роботу з використанням ЕОМ, повідомити про те, що сталося, свого безпосереднього керівника й звернутися до медичної установи;

- при загорянні обладнання негайно відключити його від електромережі;

- про загорання повідомити свого безпосереднього керівника, оперативного чергового, пожежну службу; ужити заходів щодо ліквідації вогню за допомогою вуглекислотного або порошкового вогнегасника.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення молокозаводу 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-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

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

2) При живленні 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.

Під час роботи, пов'язаної з дотиком до струмовідних частин електродвигуна, що обертаються, і механізму, який вони приводять в рух, необхідно зупинити двигун і на його пусковому пристрої або ключі керування, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ним механізмів, слід зачинити і замкнути на замок засуви і шибери цих механізмів, а також вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди».

Забороняється знімати огороження тих частин електродвигунів, що обертаються під час їх роботи.

Під час роботи електродвигунів заземлення може бути встановлене на будь-якій ділянці кабельної лінії, що з'єднують електродвигуни з РУ (збіркою). Під час роботи на механізмі, не пов'язаної з доторканням до частин, що обертаються, і у випадку роз'єднання з'єднувальної муфти, заземлювати кабельну лінію не слід.

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлюють поряд з тим, на якому проводять роботи, слід вивісити плакат «Стій! Напруга» незалежно від того, чи перебувають вони у роботі чи у резерві.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Оптимальні мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників, які при тривалому та систематичному впливові на людину забезпечують збереження нормального теплового стану організму без напруження механізмів терморегуляції. Допустимі мікрокліматичні умови - поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Оптимальні параметри мікроклімату за технологічними вимогами забезпечити неможливо по технічним та економічним причинам, тому встановлюються допустимі параметри. Крім того, між людиною та навколишнім середовищем відбуваються процес безперервного теплового обміну, при цьому слід враховувати, що незалежно від температури навколишнього середовища (влітку сонце нагріває кабінку оператора крану до температури 50-60 °С, а взимку до 0 °С) температура людини залишається постійною - 36,5-37 С. вологість в свою чергу значно впливає на терморегуляцію організму людини.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота дослідника відноситься до легкої фізичної роботи категорія Ia, бо людина-оператор практично весь свій робочий день проводить сидячи. Параметри мікроклімату наведено в таблиці

Таблиця 5.1 - Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температур а,	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Ia	22-28	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Ia	21-25	75 при 25°С	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається:

- В холодну пору року використання калорифера;
- В літню пору застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву;

Провітрювання кабінки.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони на залізничній станції можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 10.2.

Таблиця 5.2 - Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Оксид вуглецю	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

Провітрювання;

Цілісність конструкції вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення;

Встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

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

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні.

При періодичному нагляді за ходом виробничого процесу освітленість повинна складати не менше 50 лк. Оскільки в приміщенні знаходяться

вимірювальні прилади та система управління, то освітленість повинна складати 300 лк. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи.

Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці. Виробниче приміщення відноситься до IV розряду зорової праці, тобто розряду середньої точності. Наведено норми при штучному та комбінованому освітленні в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Норми освітлення робочих поверхонь у виробничих приміщеннях.

Характеристики зорової роботи		Малої
Мінімальний розмір об'єкту		Від 1 до 5
Розряд зорової роботи		V
Підрозряд зорової роботи		б
Контраст об'єкта розпізнавання з		Середній
Освітленість		
Штучне освітлення	Загальне	150
	Комбіноване	200

В приміщенні, особливо в зимовий період, коли світлий день досить короткий, природнього освітлення може бути недостатньо, тому використовується місцеве штучне освітлення (таблиця 5.4). Штучне освітлення здійснюється лампами розжарювання, що живляться від трансформатора власних потреб (12В).

Таблиця 5.4 - Вибір освітлюваного пристрою

Тип світильника	Лампа розжарювання
Світло розподілення	Несиметричне
Потужність ламп, Вт	До 200

Характер зорової роботи - середня точність; розряд - IV; бокове значення коефіцієнта природної освітленості, %: природне 1,5, суміщене 0,9.

$$e_N = e_H \cdot m_N,$$

m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$.

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

Для забезпечення нормативного значення ϵ_N передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме ламп розжарювання;

- необхідна кількість природного світла (великі вікна);

- для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення арматури світильників і ламп від пилу та бруду, а в приміщеннях із значним виділенням пилу, диму та кіптяви - не рідше чотирьох разів на місяць згідно з графіком

5.2.4 Виробничий шум

Рівень звуку вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

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

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 .- 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.

5.2.5 Вібрація

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

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

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

Таблиця - 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
Загальні	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.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі

(неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни. Знаходження в позі стоячи до 60% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 870

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 51 – 100

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

По горизонталі: до 8

По вертикалі: до 4

Інтелектуальні навантаження: Рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступною корекцією дій та операцій, Обробка, виконання завдання та його перевірка, Робота за встановленим графіком з можливим його коректуванням у ході діяльності

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 25-50

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 75-175

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 5- 10

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 2-3

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 16-20

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (прийомів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 10-6

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 100-25

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 76-90

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 8 – 9

Змінність роботи Двозмінна робота (без нічної зміни)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви регламентовані, недостатньої тривалості: від 3% до 7% часу зміни

5.3 Дослідження стійкості роботи електричних мереж ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах надзвичайних ситуацій.

Питання захисту людини від різного роду небезпек було, є і залишиться актуальним поки існує наш вид. і якщо в початкових етапах цивілізації це були по більшій мірі явища природнього характеру; від яких по більшій мірі страждали наші предки, то тепер ситуація змінилась.

На даному етапі розвитку цивілізації, людина все частіше піддається ризику небезпек техногенного, соціального, біологічного характеру, тобто природою даних катаклізмів, частково або повністю, є сама ж людина.

З кожним роком людство створює все досконаліші і складніші системи для своїх цілей. При цьому парадоксально, але небезпек стає ще більше, чого варта тільки ядерна зброя. Виходить, що науково-технічний прогрес приносить, не тільки блага та вигоду, але й нові небезпеки.

При цьому різняться масштаби, характер, кількість постраждалих, але людський фактор простежується усюди. Тому очевидно, постало питання створення комплексу заходів, для запобігання, попередження, або усунення наслідків.

В даному дослідженні акцентуємо увагу на дії іонізуючого випромінювання, а також небезпеку електромагнітного імпульсу. Небезпеку іонізуючого випромінювання для організму відкрили майже разом із явищем радіоактивності, частиною якого воно є. Будь-яке випромінювання, яке при взаємодії з середовищем призводить до утворення електричних зарядів різних полярностей називається іонізуючим. Дія даного явища може привести до хибного спрацьовування приладів в електричній мережі, також при великих значеннях опромінення, повністю вийти з ладу.

Електромагнітним імпульсом називають явище, що виникає при вибухах і являє собою потужне електромагнітне поле, і поширюється по площі радіусом до дев'ятиста кілометрів. Вражаюча дія для проявляється в провідниках виникненням високих струмів та напруг, що призводить до виводу з ладу підключеної апаратури, а також псування складових частин електричної мережі: пошкодження ізоляції, вихід з ладу вимикачів.

На основі вказаного вище, має велике значення дослідження впливу іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу на роботу системи.

5.3.1 Дослідження стійкості роботи електричних мереж ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах дії іонізуючого випромінювання.

Визначимо дози при яких в електричній мережі можуть виникнути незворотні зміни.

Таблиця 5.5 – Експозиційні дози елементів в електричній мережі.

№	Назва пристрою	Модель	$D_{гр}, P$	$D_{гр.с}, P$
1	Трансформатор	ТМ-1000/10/0,4	10^5	10^5
2	Понижуюча підстанція	ТНД-16000-110/10	10^6	
3	Шинопровід	КТА-1000	10^6	
4	Конденсаторні батареї	АКУ-0,4-200	10^5	
5	Високовольтні вимикачі	ВВ/АСТ-10-12,5	10^4	

При вказаних вище значеннях $D_{гр}$, отримаємо межу стійкості ситеми в цілому на рівні 10^5 (P)

Використовуючи дані вказані вище, за формулою (5.4) можемо отримати граничне значення іонізуючого опромінювання, при якому можлива робота персоналу.

$$P_{гр} = \frac{D_{гр} \cdot K_{пос}}{2(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{п}})}, [P/год], \quad (5.4)$$

де $K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення; $K_{пос}=2$ – для трансформатора, для інших приладів коефіцієнт послаблення - 1; $t_{п}$ – час початку опромінювання, $t_{п}=1$ година; t_k – максимальна тривалість опромінення, визначається за формулою (5.5)

$$t_k = t_{р.макс} + t_{п}, [год], \quad (5.5)$$

де $t_{р.макс}$ – максимальна тривалість роботи; $t_{р.макс}=175200$ годин, або двадцять років.

Отже за вказаною вище формулою, отримуємо значення $t_k=175201$ годин. Використовуючи (5.4), а також знаючи t_k отримуємо граничне значення іонізуючого опромінювання, при якому можлива робота персоналу та занесемо їх в Таблицю 5.6.

Таблиця 5.6 - Граничне значення рівнів радіаційного опромінення елементів електричної мережі.

№	Елемент мережі	Модель	$P_{гр}$, (Р/год)
1	Трансформатор	ТМ-1000/10/0,4	119,74
2	Понижуюча підстанція	ТНД-16000-110/10	2394,81
3	Шинопровід	КТА-1000	2394,81
4	Конденсаторні батареї	АКУ-0,4-200	239,48
5	Високовольтні вимикачі	ВВ/АСТ-10-12,5	23,95

Тепер визначимо допустимий час роботи системи в заданих умовах, для цього використаємо формулу розрахунку режиму радіаційного захисту (5.6), а також час роботи РЕА, на основі виразу (5.7), P_1 за умовою завдання дорівнює 5,18 Р/год.

$$D_M = \frac{2P_1 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{пос}} [P] \quad (5.6)$$

$$t_{доп} = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{пос} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{t_n}}{2 \cdot P_1} \right) [ГОД] \quad (5.7)$$

Проведемо обчислення на основі вказаних вище формул для трансформатора, а так так в нього відрізняється коефіцієнт послаблення:

$$\frac{2 \cdot 5,18 \cdot (\sqrt{175201} - \sqrt{1})}{2} = 2163,1 (P)$$

$$\left(\frac{10^5 \cdot 2 + 2 \cdot 5,18 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 5,18} \right) = 19306 (год)$$

Аналогічно провівши обчислення для інших елементів системи по середньому значенню $D_{гр}$, та з коефіцієнтом послаблення -2, отримуємо значення D_m на рівні $4,326 \cdot 10^3$ (Р). І значення $t_{доп}$ на рівні 9653,5 (год).

По мінімальним значення стійкості, електрична мережа буде стабільно працювати, при граничному рівні іонізуючого випромінювання $R_{гр} \geq R_1$ ($23,95 \geq 5,13$), та $D_{гр} \geq D_m$ ($10^5 \geq 4,326 \cdot 10^3$). В даному випадку мережа постійно працює стабільно.

5.3.2 Дослідження стійкості роботи елементів електричної мережі ПРаТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах дії електромагнітного імпульсу.

При оцінці впливу електромагнітного імпульсу на частини електричної мережі, необхідно враховувати горизонтально та вертикальну складові напруженості електричного поля. Для оцінювання безпеки роботи в умовах ЕМІ, потрібно визначити значення вертикальної та горизонтальної складової напруженості електромагнітного поля.

Для цього в таблицю 5.8, занесемо елементи електричної мережі, а також довжини вертикальних та горизонтальних струмоведучих частин.

Тепер визначимо горизонтальну складову напруженості, за допомогою (5.8):

$$E_r = E_v \cdot 10^{-3} [\text{В/м}] \quad (5.8)$$

В результаті отримаємо $E_r=12,18$ (В/м), $E_v=12,18$ (кВ/м), за умовою завдання.

Визначимо горизонтальну та вертикальну складову для кожного елемента системи, за допомогою (5.9)

$$U_v = E_v \cdot l_v; U_r = E_r \cdot l_r [\text{В}] \quad (5.9)$$

Отримані дані занесемо в таблицю 5.8

Таблиця 5.8 – Довжини струмоведучих частин та їх напруженості елементів електричної мережі.

№	Елемент мережі	l_r , м	L_v , м	U_r , В	U_v , В
1	Трансформатор	1,75	1,98	21,315	24116
2	Понижуюча підстанція	2,5	3,5	30,45	42630
3	Шинопровід	0,5	0,2	6,09	2436
4	Конденсаторні батареї	1,5	0,45	18,27	5481
5	Високовольтні вимикачі	0,3	0,4	3,65	4872

Визначимо коефіцієнти безпеки при робочих напругах приладів за виразом (5.10), тому в (5.10), приймемо $U_{доп}$, для трансформатора 10,5 кВ, та 400 В, для понижуючої підстанції 10,5 кВ, для шино проводу та конденсаторних батарей 236 В, та 400 В, для високовольтних вимикачів 10,5 кВ. Дані обчислення занесемо в таблицю 5.

$$K_{б.г} = 20 \lg \frac{U_{доп}}{U_r} ; K_{б.в} = 20 \lg \frac{U_{доп}}{U_v} \text{ [дБ]} \quad (5.10)$$

Таблиця 5.9 – Коефіцієнти безпеки елементів електричної мережі

Елемент мережі	$U_{доп}$, В	E_v , В/м	E_r , В/м	U_v , В	U_r , В	$K_{б.в}$, дБ	$K_{б.г}$, дБ
Трансформатор	10500	12180	12,18	24116	21,315	53,85	-7,22
Конденсаторні батареї	406,6	12180	12,18	5481	18,27	-22,59	26,95
Високовольтні вимикачі	237,6	12180	12,18	4872	3,65	-26,23	36,26

Оскільки $K_{б,г} \leq 40$ дБ, то РЕА не стійка до електромагнітного імпульсу і необхідно провести екранування окремих елементів мережі. Для цього проведемо розрахунки та визначимо оптимальну товщину сталених екранів, для даної мережі.

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи елементів електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»» в умовах надзвичайних ситуацій.

Основними методами підвищення стійкості до іонізуючого випромінювання в є: використання спеціальних екранів, активний захист від потоків заряджених частинок, застосування радіаційно-стійких елементів. При електромагнітному випромінюванні, крім зазначеного вище, також використовується: збільшення відстані між пристроями, чи їх елементами, що знаходяться під навантаженням, застосування пристрої зі спеціальними схемами, стійкими до впливу радіації та інше.

На основі попереднього пункту, є необхідним провести екранування елементів електричної мережі, для цього необхідно прости розрахунок товщини екрану, використовуючи значення коефіцієнту безпеки ($K_б$), розрахунок проводиться для сталеного екрану. На основі рівняння (5.11) проведемо розрахунок затухання в екрані $A_{екв}$ (дБ), розрахунки по мінімальним значенням коефіцієнтів безпеки приладів, $K_{б,ном}$ – номінальний коефіцієнт безпеки, дорівнює 40 дБ.

$$A_{екв} = K_{б,ном} - K_{б,мін} [\text{дБ}] \quad (5.11)$$

Після цього розрахуємо необхідну товщину екрану для кожного приладу, за функцією (5.12), де f – частота електромагнітних коливань, дорівнює 15000

$$t = \frac{A_{екв}}{5,2 \cdot \sqrt{f}} [\text{см}] \quad (5.12)$$

Результати розрахунків, проведених в (5.12) та (5.11), занесемо в таблицю 5.10.

Таблиця 5.10 – Затухання в екранах, та необхідна їх товщина, по мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

№	Назва пристрою	$K_{б.мін}$, дБ	$A_{екв}$, дБ	t, см
1	Трансформатор	-35,46	75,46	0,12
2	Понижуюча підстанція	-12,59	52,59	0,08
3	Шинопровід	-20,22	60,22	0,09
4	Конденсаторні батареї	-27,26	67,26	0,11
5	Високовольтні вимикачі	6,25	33,75	0,05

Окрім розглянутих вище факторів, також не варто забувати і про небезпеки іншого характеру, наприклад атмосферного чи техногенного характеру.

Також додатковими мірами захисту електричної мережі, що використовуються в даній системі, є: наявність автоматичних вимикачів, струмова відсічка, вакуумні високовольтні вимикачі, струмова відсічка з боку живлення.

Щоб запобігти виникненню пожежі від струмів короткого замикання і перевантаження електроустановок, застосовують захисні пристрої, такі як плавкі запобіжники; автоматичні вимикачі, теплові реле та ін. Правильний підбір захисних пристроїв забезпечує мінімальний час їх спрацювання і таким чином підвищує пожежну безпеку електроустановок. Категорично забороняється застосування нестандартних елементів захисних пристроїв.

5.4 Висновки.

В даному розділі було розглянуто рішення з безпечної експлуатації та гігієни праці і виробничої санітарії для ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»».

Також вирішено питання електробезпеки, мікроклімату, складу повітря. Розглянута проблема виробничого освітлення і шумів, а також вібрацій на підприємстві. Переглянуті ризики психофізіологічного характеру.

Також в даному розділі було проведено дослідження стійкості роботи електричної мережі Приватного акціонерного товариства «Вінницький завод Маяк». Розроблено заходи по підвищенню стійкості роботи електричної мережі. Проведено дослідження дії іонізуючого випромінювання, а також електромагнітного імпульсу.

Під дією іонізуючого випромінювання, обладнання та вузлові точки системи будуть стабільно працювати при рівні випромінювання 23,948 Р/год, таке випромінювання допускає час безперервної роботи до 9653,5 годин, при граничному значенні випромінювання $4,326 \cdot 10^3$ (Р).

Розрахунок стійкості до електромагнітного імпульсу показав, що стійкості самої системи при заданих умовах ($E_b=12,18$ кВ/м) недостатньо, тому необхідно провести екранування елементів системи, за розрахунками, рекомендована товщина екрану дорівнює 0,12 см

Було досліджено стійкість роботи електричної мережі під дією іонізуючого випромінювання і електромагнітного імпульсу, розроблено заходи щодо підвищення безпеки роботи в надзвичайних ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х. : Міненерговугілля України, 2014.
2. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
3. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабаханян, А.А. Бейдер [та ін.] // . – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с. ISBN 5-283-01032-5.
4. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
5. Синхронні компенсатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bezremonta.net/elektrika/2434-.html>
6. Конденсаторні батареї [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://stud.com.ua/85731/prirodoznavstvo/kondensatorni_bataru
7. Компенсація реактивної потужності [Електронний ресурс]. – Режим доступу <http://www.svaltera.ua/solutions/typical/energy/6718.php>
8. Синхронні генератори [Електронний ресурс]. – Режим доступу https://pidruchniki.com/83034/tehnika/sinhronni_generatori
9. Синхронні компенсатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://helpiks.org/8-29964.html>
10. Компенсувальні пристрої [Електронний ресурс]. – Режим доступу <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D1%81%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%97>

11. Переваги системного регулювання реактивної потужності [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/opac/search.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Npnukht%5F2014%5F20%5F2%5F14%2Epdf

12. Кочкин В. И., Шакарян Ю.Г. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. – 312 с.: ил. Раздел 1.4.1. Параллельная компенсация. С. 49-55.

13. Синхронний двигун – ефективне джерело реактивної потужності [Електронний ресурс]. – Режим доступу http://www.irbis-nbu.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbu/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Cu_2017_5_6.pdf

14. Аналіз засобів компенсації реактивної потужності в електротехнічних системах [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://www.kdu.edu.ua/statti/2010-3-1\(62\)/PDF_3_2010_ch1/132.PDF](http://www.kdu.edu.ua/statti/2010-3-1(62)/PDF_3_2010_ch1/132.PDF)

15. Демов, О. Д. Оптимізація процесу впровадження компенсуючих установок в розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній : монографія / О. Д. Демов. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 98 с.

16. Лежнюк П. Д. Поетапний розрахунок компенсації реактивної потужності в розподільних електричних мережах із використанням відносних спадів напруги / Лежнюк П. Д., Демов О. Д., Півнюк Ю. Ю. // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки, Вип. 30. Т. 2 – 2015. – С. 108–115.

17. Методика обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії між електропередавальною організацією та її споживачами // Офіційний вісник України. – 2002. – № 6. – С. 25 – 31.

18. Айман Тахер Алі Хінді Підвищення ефективності впровадження та керування конденсаторними установками в електричних мережах промислових підприємствах. Дис. канд., техн. наук: 05.14.02 – Вінниця, 2004 – 128 с.

19. Демов О.Д. Математична модель та алгоритм впровадження конденсаторних установок в електричній мережі промислових підприємств / О. Д. Демов, Хінді Айман Тахер // Вісник національного університету «Львівська політехніка». – 2001.– № 421. – С. 7 – 9.

20. Железко Ю. С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. / Ю. С. Железко. – М. : ЭНАС, 2009. – 456 с.

21. Демов О. Д. Оптимізація процесу впровадження компенсуючих установок в розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній : монографія / О. Д. Демов. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 98 с.

22. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю. С. Железко. – М. : Энергоатомиздат, 1989. – 176 с. 12. Рогальський Б.С. Компенсація реактивної потужності. Методи розрахунку, способи та технічні засоби управління. I частина. Навчальний посібник. – Вінниця: ВДТУ, 2002.–119с.

23. Кочкин В.И. Управляемые шунтирующие реакторы для высоковольтных линий электропередачи // Энергетик. – 2000. – № 5. – С. 27–31.

24. Маслов А.А., Нечаев О.П., Федотов А.И. Высоковольтные тиристорные вентили для статических компенсаторов реактивной мощности // Вестник ВНИИЭ. – 1997. – № 6. – С. 15–18.

25. Кочкин В.И., Нечаев О.П. Применение статических компенсаторов реактивной мощности в электрических сетях энергосистем и предприятий. – М.: Изд_во НЦ ЭНАС, 2000. – 248 с.

26. Кочкин В. И., Шакарян Ю.Г. Применение гибких (управляемых) систем электропередачи переменного тока в энергосистемах. – М.: ТОРУС ПРЕСС, 2011. – 312 с.: ил. Раздел 1.4.1. Параллельная компенсация. С. 49-55.

27. Беляев А.Н., Евдокунин Г.А., Смоловик С.В., Чудный В.С. Обоснование необходимости применения устройств управляемой поперечной компенсации для транзитных электропередач класса 500 кВ. *Электричество*, 2009, № 2. С. 2 - 13.

28. Евдокунин Г.А. Статическая устойчивость режимов электропередачи с управляемыми шунтирующими реакторами. *Энергоэксперт*, 2009, № 6. С. 48-51.

29. Жуков Л.А. О некоторых характеристиках установившихся режимов магистральных электропередач, содержащих устройства регулируемой поперечной компенсации. *Труды МЭИ*, вып. № 344. Тематический сборник «Электрические системы и управление ими». М.: МЭИ, 1977. С. 6-15

30. Матура Р.М. Статические компенсаторы для регулирования реактивной мощности. Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 160 с.: ил.

31. Веников В.А. Жуков Л.А. Карташев И.И. Рыжов Ю.П. Статические источники реактивной мощности в электрических сетях. М.: Энергия, 1975.

32. Тихонов А. В. Моделирование устройств FACTS при оценивании состояния современных ЭЭС. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук, Иркутск 2017.

33. Мнев Р. Д. Законы регулирования и режимы работы асинхронизированного компенсатора в энергосистеме. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2013.

34. Брянцев А.М., Долгополов А.Г. Евдокунин Г.А. и др. Управляемые подмагничиванием шунтирующие реакторы для сети 35-500 кВ // *Электротехника*. - 2003.-№1.

35. Дементьев Ю.А., Кочкин В.И., Мельников А.Г. Применение управляемых статических компенсирующих устройств в электрических сетях. *Электричество*. - 2003. - № 9.

36. Полудницын П. Ю. Разработка законов регулирования управляемых шунтирующих реакторов для улучшения устойчивости электроэнергетической

системы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Москва, 2009.

37. Рыжов Ю. П. Дальние электропередачи сверхвысокого напряжения: учебник для вузов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007.- 488 с.: ил.

ДОДАТКИ

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ” _____ 2019р.ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМд.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” _____ 2019 р.**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:«Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах
Приватного акціонерного підприємства «Вінницький завод «Маяк»08-17.МКР.002.07.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доцент Демов О.Д. _____
(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 18м

Задворний М. С. _____
(підпис)

Вінниця 2019 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 254 від 10 . 08.19р.

Дата початку роботи 03.09.19р.

Дата закінчення роботи 03.12.19р.

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

- а) мета – дослідження компенсації реактивної потужності підприємства;
- б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.
- в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про джерела живлення, відомості про навантаження підприємства.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Уклад. Л.Б. Терешкевія, О.Д. Демов, Ю.А. Шулле. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 26 с,

3.2 Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с..

3.3 Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) – видання третє, перероблене і доповнене, - 2014 р.

3.4 Демов, О. Д. Оптимізація процесу впровадження компенсуювальних установок в розподільних електричних мережах енергопостачальних компаній : монографія / О. Д. Демов. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 98 с.

3.5 Демов О.Д. Математична модель та алгоритм впровадження конденсаторних установок в електричні мережі промислових підприємств / О. Д.

Демов, Хінді Айман Тахер // Вісник національного університету «Львівська політехніка». - 2001.- № 421. – С. 7 – 9.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Вибір схеми електропостачання ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	03.09.19	11.10.2019
4.2 Аналіз компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	11.10.2019	19.10.2019
4.3 Дослідження компенсації і регулювання реактивної потужності на ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	19.10.2019	07.11.2019
4.4 Економічна частина роботи	07.11.2019	10.11.2019
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.11.2019	28.11.2019
Написання пояснювальної записки	28.11.2019	03.12.2019

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

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б Вихідні дані

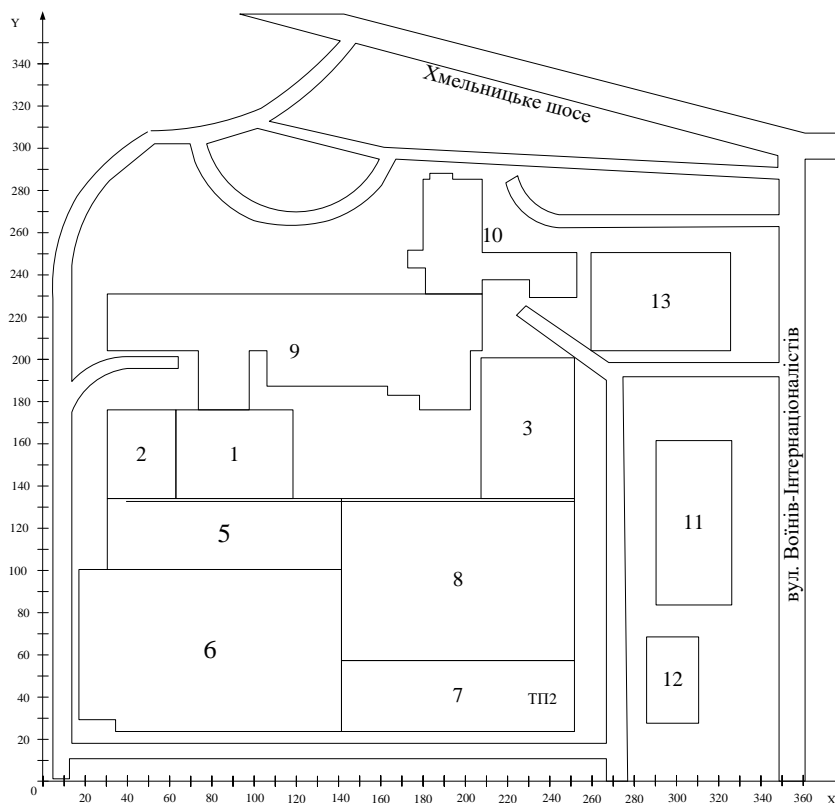


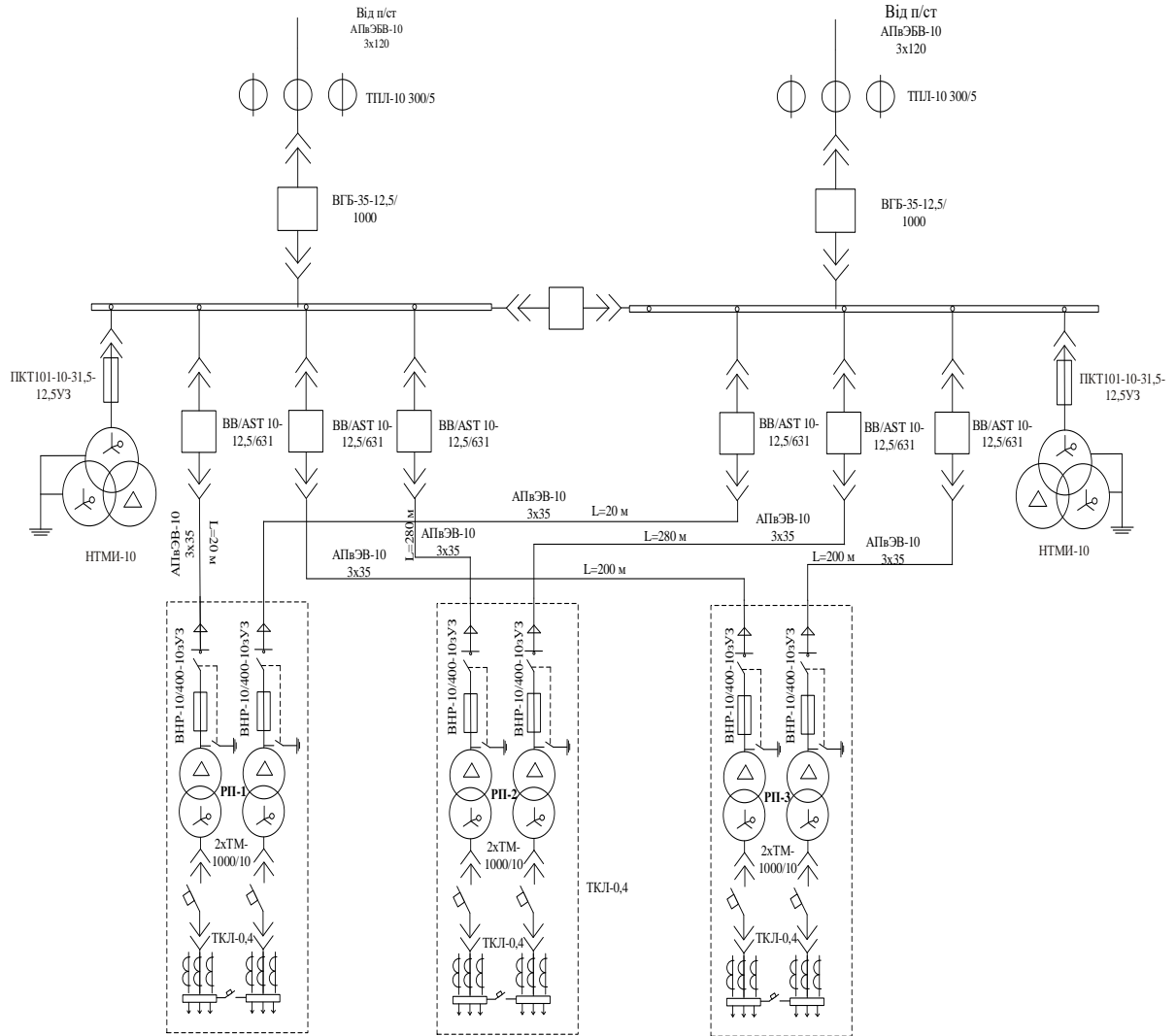
Рисунок Б1- Генплан підприємства

Таблиця Б1 - Вхідні дані про електричному навантаженні заводу

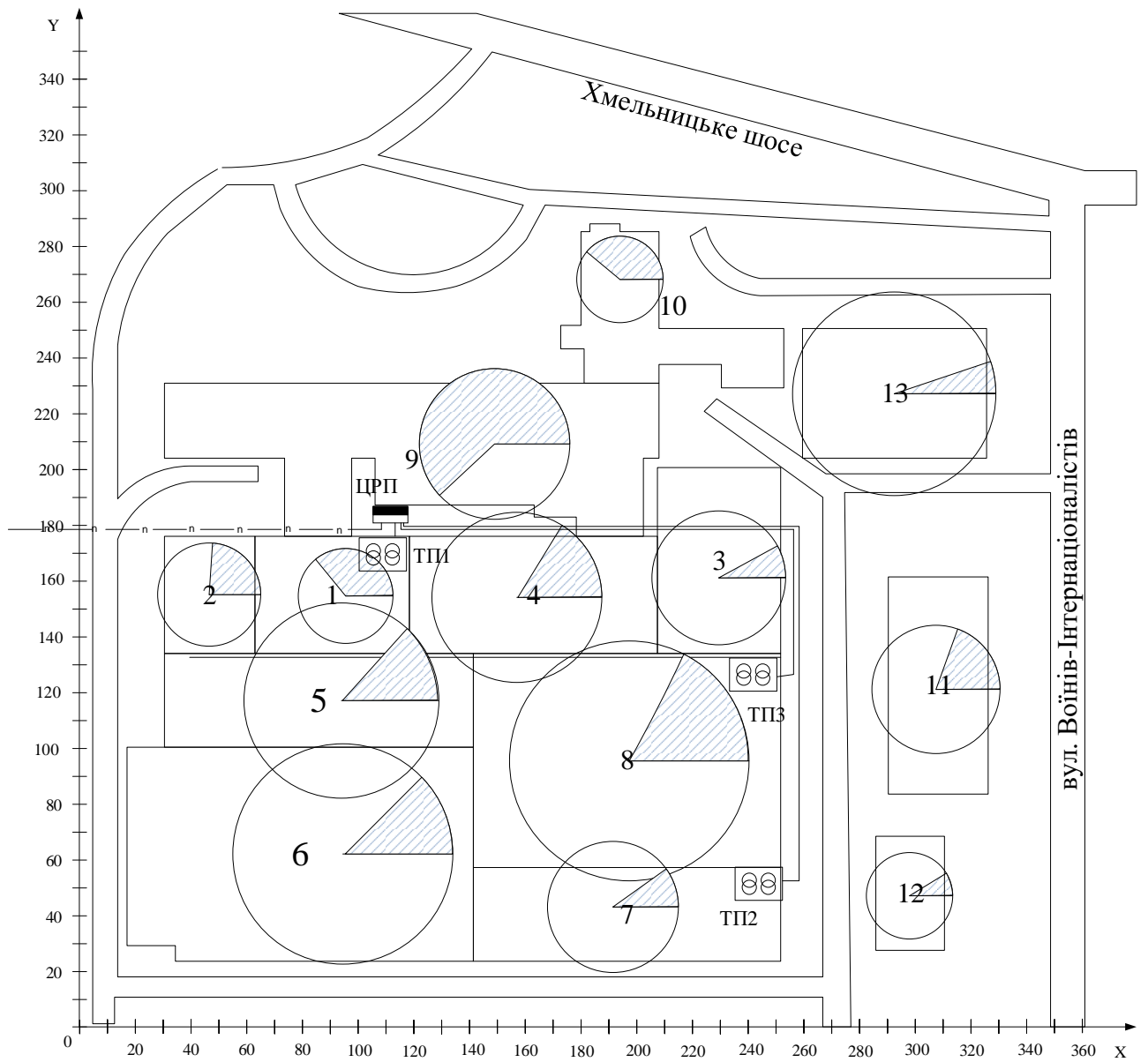
Назва цехів	P_n , кВт	cos	tg	Кп
1.Механічний цех	100	0,55	1,52	0,35
2.Заготівельний	150	0,85	0,62	0,4
3.Ковально-штамповочний	700	0,6	1,33	0,4
4.Зварювальний	331	0,65	1,17	0,5
5.Намоточний	350	0,8	0,75	0,6
6.Сталеалюмінієвого лиття	1350	0,85	0,62	0,4
7.Іструментальний	700	0,45	1,98	0,5
8.Фарбувальний	600	0,82	0,7	0,6
9.Збірно-монтажний	120	0,75	0,88	0,5
10.Адміністративний корпус	100	0,85	0,62	0,6
11.Ремонтно-механічний	250	0,63	1,23	0,5
12.Очисні споруди	200	0,8	0,75	0,45

13. Корпус термопластів	1100	0,75	0,88	0,4
-------------------------	------	------	------	-----

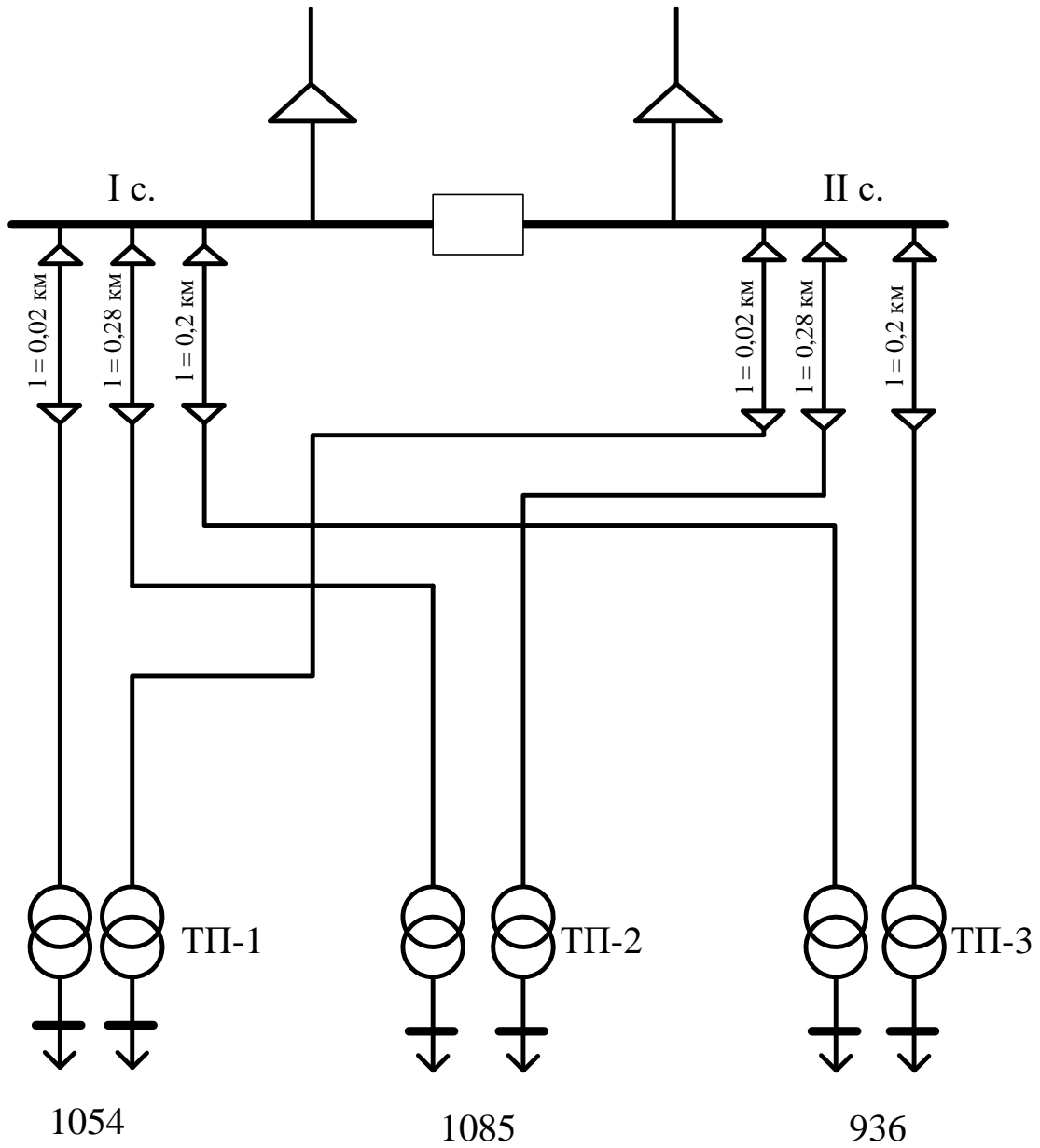
Додаток В
 Схема електрозабезпечення ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»



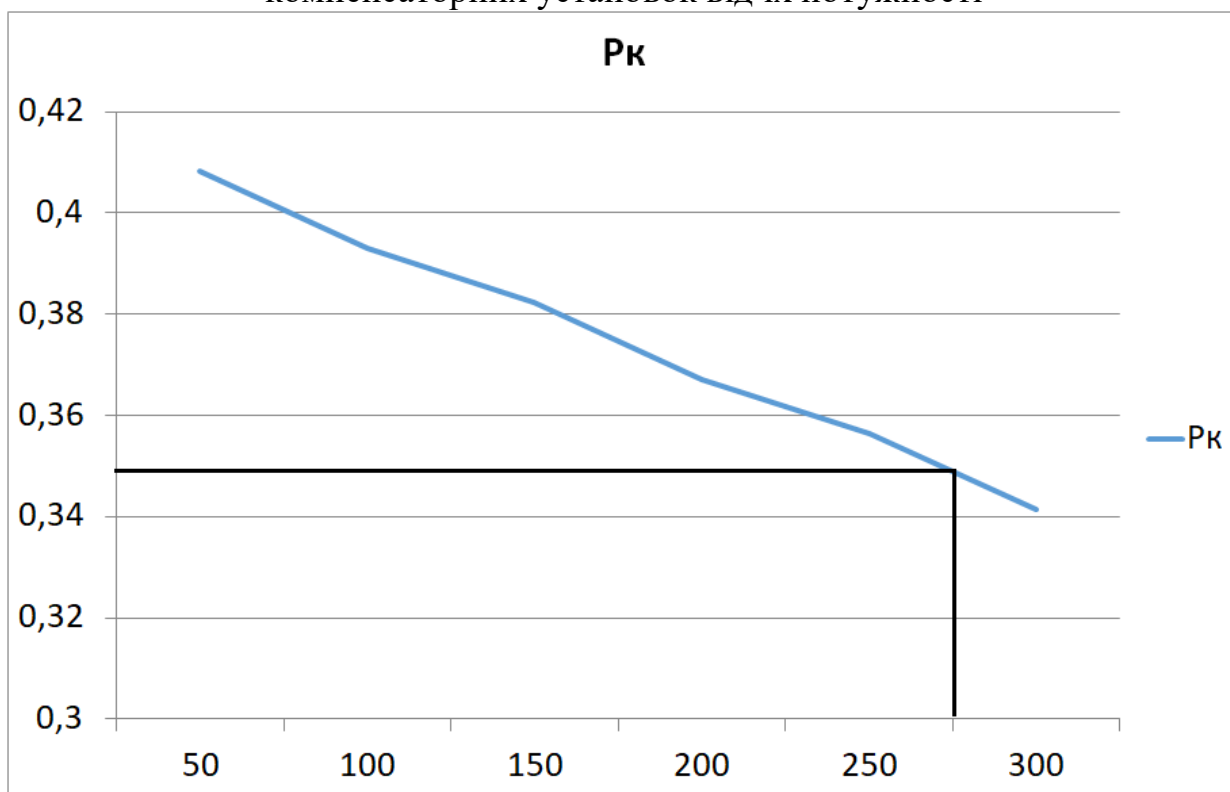
Додаток Г
Генплан підприємства з місцем розташування ЦРП, ТП та картограмою навантажень



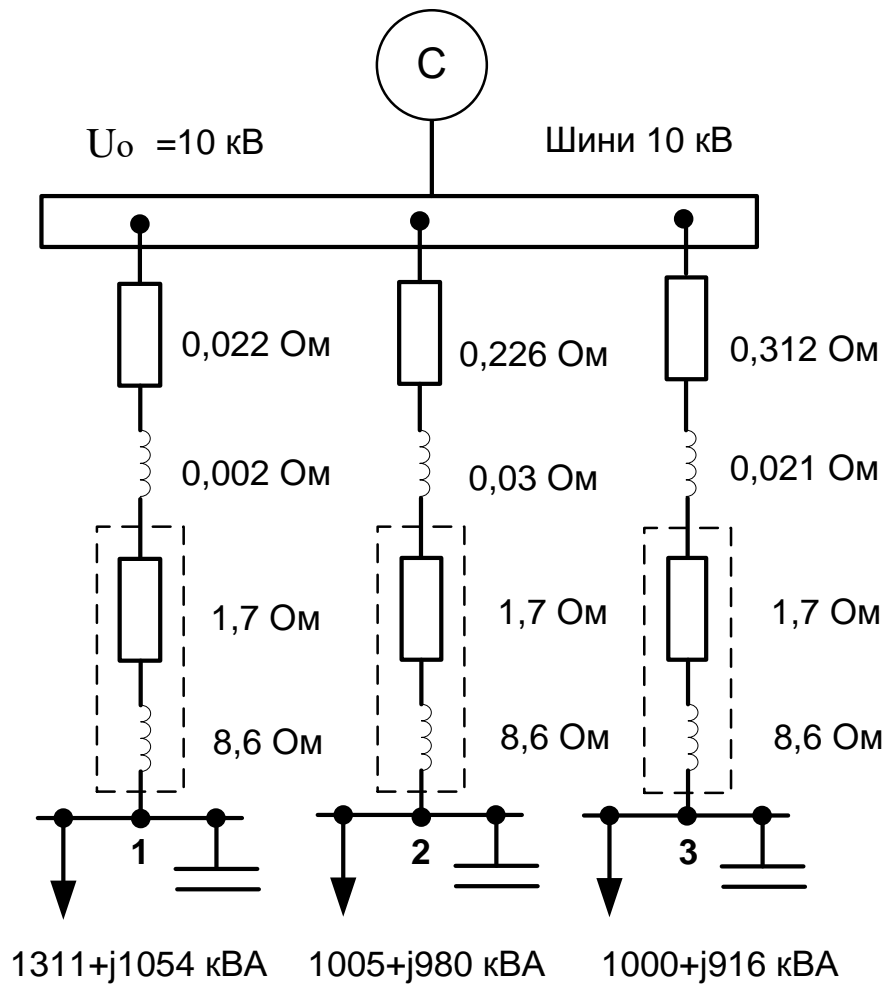
Додаток Д
Схема заміщення електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк» для
використання методу за економічною ефективністю



Додаток Е
Залежність максимального середнього значення ефективності встановлення
компенсаторних установок від їх потужності

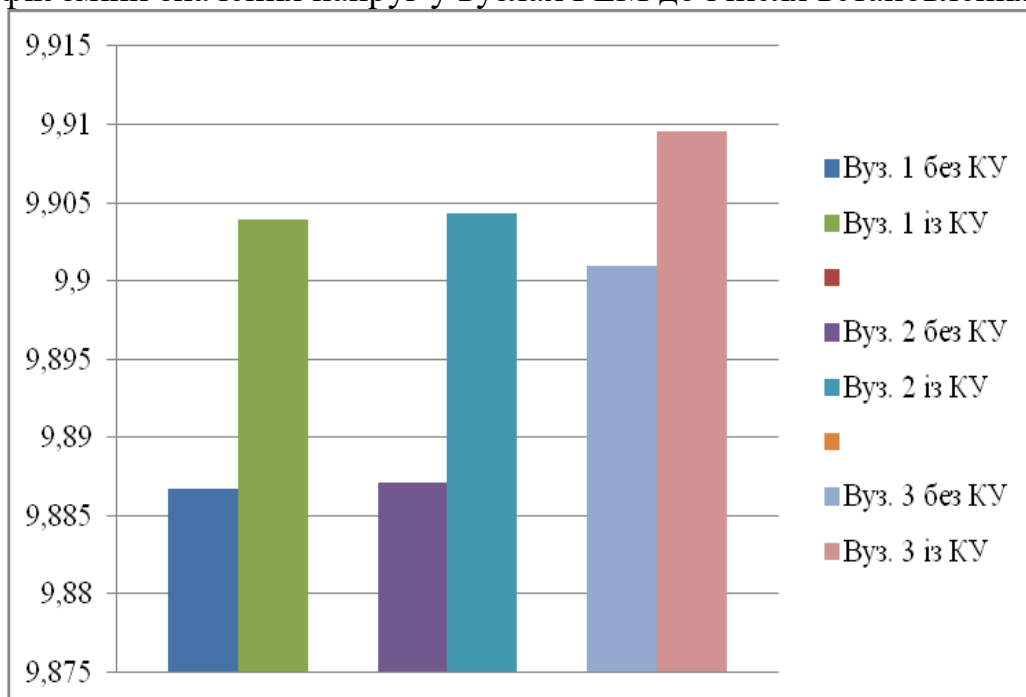


Додаток Ж
 Схема заміщення електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк» для
 використання методу за спадами напруг



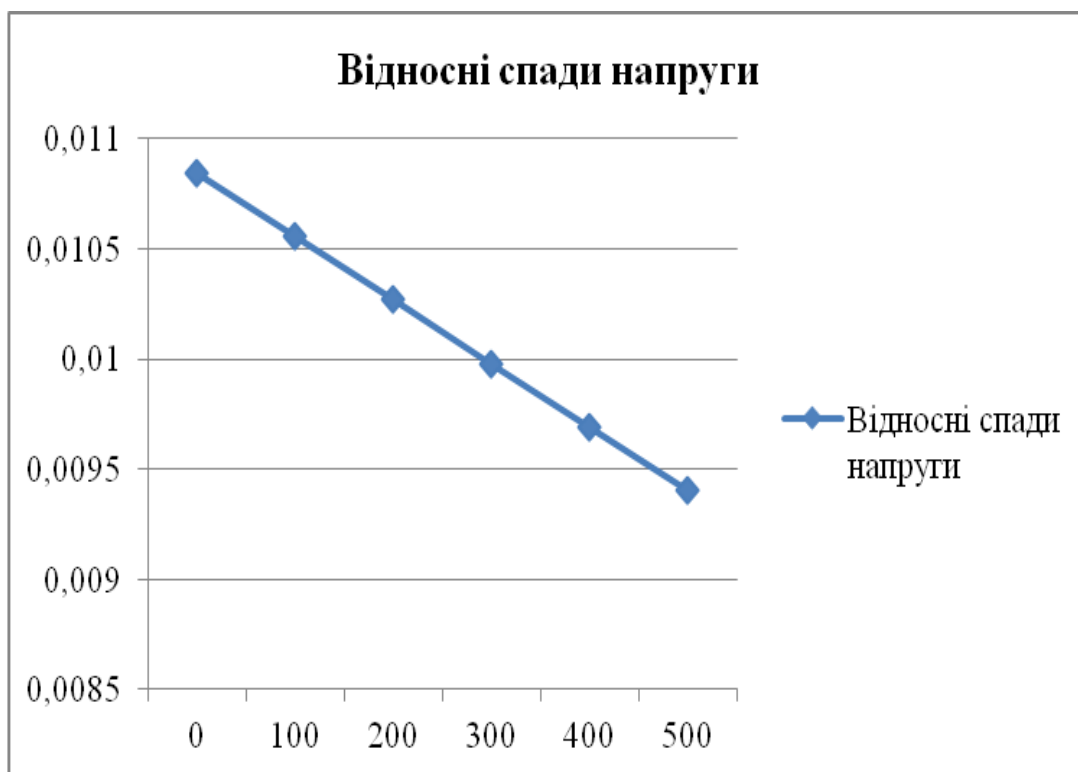
Додаток К

Графік зміни значення напруг у вузлах РЕМ до і після встановлення КУ.



Додаток И

Графік функції зниження відносних втрат напруги ΔU_{*PR} у РМ від сумарної потужності КУ $Q_{k\Sigma}$



Додаток Л Перезентація

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

Презентація до магістерської кваліфікаційної роботи

На тему: Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних
мережах Приватного акціонерного підприємства «Вінницький завод «Маяк»

Виконав: студент другого
курсу групи ЕСЕ-18м
Задворний М. С.
Керівник: к. н. т., доцент
Демов О. Д.

Вінниця 2019

Мета написання магістерської кваліфікаційної роботи - дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод Маяк».

Для вирішення поставленого завдання, виконаємо наступні дії:

- розробимо систему електропостачання підприємства;
- виконаємо аналіз актуальних запропонованих методів компенсації реактивної потужності та розрахунок за ними;
- виконаємо розрахунок економічної частини роботи;
- виробимо заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

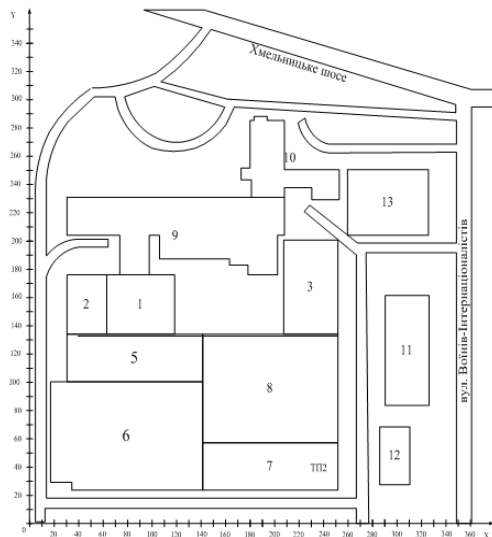
Об'єкт дослідження - електричні мережі ПРАТ «Вінницький завод Маяк».

Предмет дослідження - методи, математичні моделі та засоби забезпечення.

Практичне значення отриманих результатів - розглянуті засоби реактивної потужності можна застосувати на практиці в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк».

Продовження додатку Л

Генплан підприємства, та дані про навантаження



Назва цехів	Рн, кВт	cos	tg	Кп
1.Механічний цех	100	0,55	1,52	0,35
2.Заготівельний	150	0,85	0,62	0,4
3.Ковально-штамповочний	700	0,6	1,33	0,4
4.Зварювальний	331	0,65	1,17	0,5
5.Намоточний	350	0,8	0,75	0,6
6.Сталеалюмінієвого лиття	1350	0,85	0,62	0,4
7.Іструментальний	700	0,45	1,98	0,5
8.Фарбувальний	600	0,82	0,7	0,6
9.Збірно-монтажний	120	0,75	0,88	0,5
10.Адміністративний корпус	100	0,85	0,62	0,6
11.Ремонтно-механічний	250	0,63	1,23	0,5
12.Очисні споруди	200	0,8	0,75	0,45
13.Корпус термопластів	1100	0,75	0,88	0,4

Розраховані навантаження цехів

№	Назва цеху	Силowe навантаження						Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження		
		P_n , кВт	K_p	$\cos\phi$	$\tan\phi$	P_c , кВт	Q_c , квар	F, M^2	$P_{шт.}$, Вт/м ²	$K_{по}$	$K_{пра}$	P_o , кВт	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА
1	Механічний	100	0,35	0,55	1,52	35	53,15	1863	0,012	0,85	1,1	20,9	55,9	63,18	84,4
2	Заготівельний	150	0,4	0,85	0,62	60	37,18	1093,5	0,016	0,9	1,2	18,9	78,9	46,25	91,5
3	Ковальсько-штамповочний	700	0,4	0,6	1,33	280	373,33	2275	0,012	0,8	1,1	24	304	384,9	490,5
4	Зварювальний	331	0,5	0,65	1,17	165,5	193,49	2956,5	0,012	0,8	1,2	34,1	199,6	209,8	289,6
5	Намоточний	350	0,6	0,8	0,75	210	157,5	3220	0,012	0,8	1,1	34	244	173,8	299,6
6	Сталеалюмінієвого лиття	1350	0,4	0,85	0,62	540	334,66	7446	0,012	0,8	1,1	78,6	618,6	372,4	722,1
7	Інструментальний	700	0,5	0,45	1,98	350	694,58	2944	0,013	0,8	1,2	36,7	386,7	712,2	810,4
8	Лакофарбових і гальванічних покриттів	600	0,6	0,82	0,7	360	251,28	6716	0,012	0,85	1,2	82,2	442,2	290,7	529,2
9	Збирально-монтажний	120	0,5	0,75	0,88	60	52,91	6278	0,016	0,9	1,2	108,5	168,5	104,98	198,5
10	Адмінкорпус	100	0,6	0,85	0,62	60	37,18	2187	0,016	0,9	1,2	37,8	97,8	55,3	112,36
11	Ремонто-механічний	250	0,5	0,63	1,23	125	154,1	2280	0,014	0,8	1,2	30,6	155,6	168,8	229,6
12	Очисні споруди	200	0,4511	0,8	0,75	90	67,5	1122	0,012	0,6	1,1	8,9	98,9	71,77	122,18
13	Термопластавтоматів	1100	0,4	0,75	0,88	40	388	2322	0,013	0,8	1,1	26,6	466,6	400,8	615,1
	Всього по підприємству	6051						42703				541,	3317,3	3054,98	4594,9

Продовження додатку Л

Генплан підприємства з місцем розташування ЦРП, ТП та картограмою навантажень

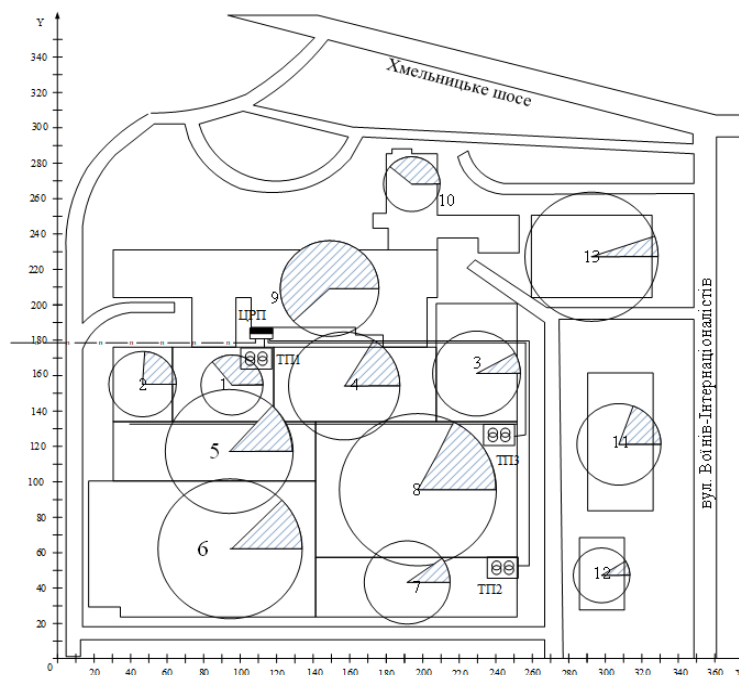
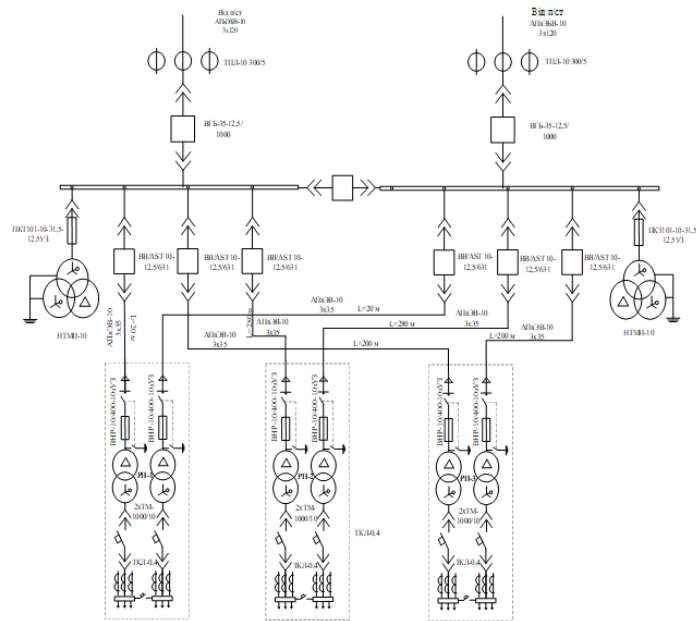
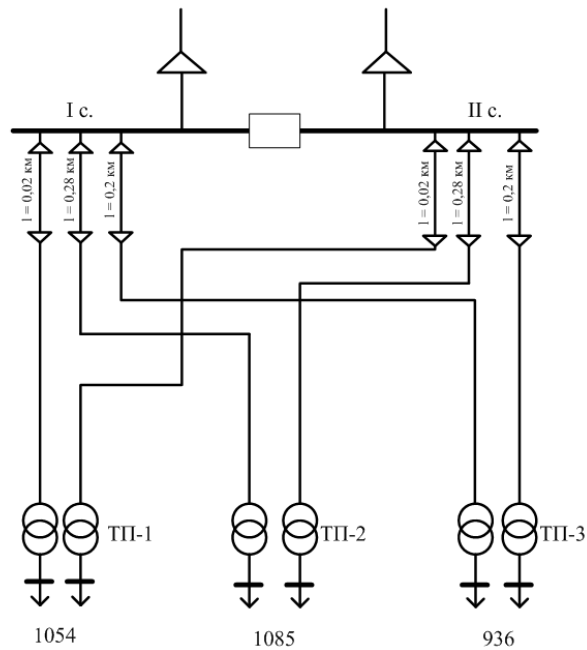


Схема електрозабезпечення ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»

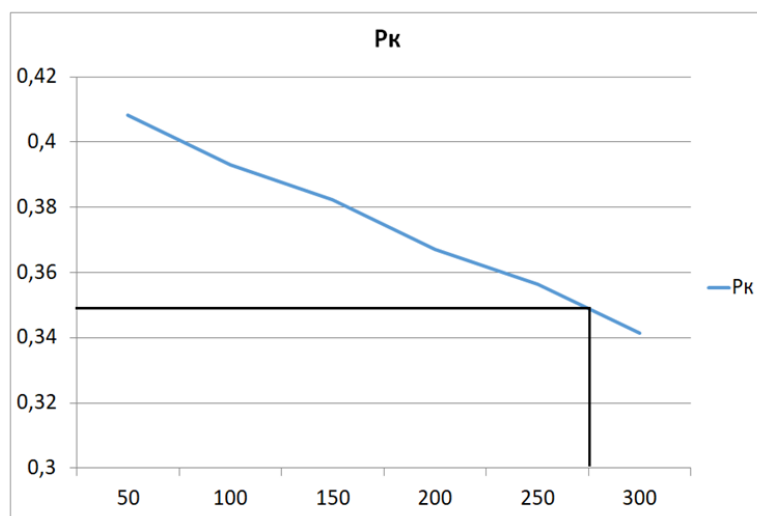


Продовження додатку Л

Схема заміщення електричної мережі ПРАТ «Вінницький завод «Маяк» для використання методу за економічною ефективністю



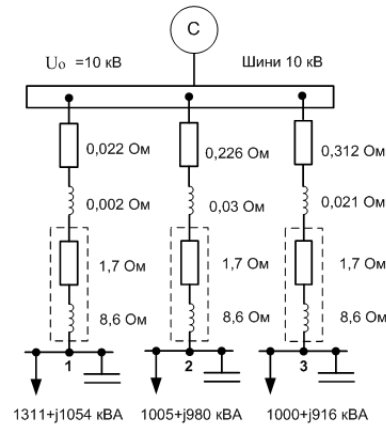
Залежність максимального середнього значення
ефективності встановлення компенсаторних установок від їх
потужності



Продовження додатку Л

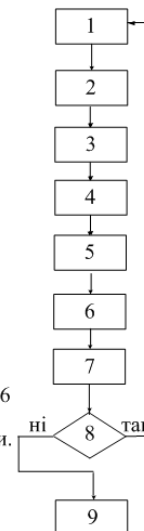
Схема заміщення ЕМ та Результати розрахунку за методом відносних втрат напруги.

№ Вузла	Вузол №1	Вузол №2	Вузол №3	Параметр	Етап
					1
	0,1133	0,0113	0,0991	ΔU_1	
	0,0113	0,01129	0,0099	ΔU_{p1}	
	3,459	3,477	2,961	$\xi(\Delta P)_1$	
	9,895	9,887	9,901	U_2	
2	0,1047	0,0113	0,0991	ΔU_2	
	0,0105	0,01129	0,0099	ΔU_{p2}	
	3,114	3,477	2,961	$\xi(\Delta P)_2$	
	9,895	9,896	9,901	U_3	
	0,1047	0,1043	0,0991	ΔU_3	
	0,0105	0,0104	0,0099	ΔU_{p3}	
	3,114	3,209	2,961	$\xi(\Delta P)_3$	
	9,904	9,896	9,901	U_4	
	0,096	0,1043	0,0991	ΔU_4	
	0,0096	0,0104	0,0099	ΔU_{p4}	
	2,77	3,209	2,961	$\xi(\Delta P)_4$	
	9,904	9,904	9,901	U_5	
	0,096	0,0957	0,0991	ΔU_5	
	0,0096	0,0096	0,0099	ΔU_{p5}	
	2,77	2,824	2,961	$\xi(\Delta P)_5$	
	9,904	9,904	9,904	U_6	
	0,096	0,0957	0,0904	ΔU_6	
	0,0096	0,0096	0,009	ΔU_{p6}	
	2,77	2,824	2,559	$\xi(\Delta P)_6$	



Метод розрахунку впровадження установок компенсації реактивної потужності при заданій економічній ефективності

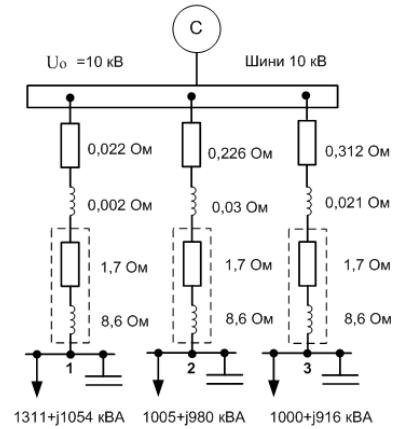
1. Розраховуємо p_{klf} для всіх вузлів.
2. Вибираємо вузол з максимальним значенням ефективності p_{kl}^{max} .
3. Розраховуємо максимальне середнє значення ефективності p_{kln}^{max} .
4. Зменшуємо реактивне навантаження вузла, де встановлюється КУ, на величину Q_{kif} .
5. Визначаємо залежність $p_{kln}^{max}(Q_{km\Sigma})$.
6. Використовуючи залежність $p_{kln}^{max}(Q_{km\Sigma})$, розраховуємо $Q_{kme} = p_{\xi}^{-1}(Q_{km\Sigma})$.
7. Величина потужності КУ, знайдена в результаті виконання пункту 6 розподіляється по вузлам у відповідності з попередніми розрахунками.
8. Перевірка виконання нерівності $Q_{if} - Q_{kif} > 0$.
9. Кінець розрахунків.



Продовження додатку Л

Схема заміщення ЕМ та Результати розрахунку за методом відносних втрат напруги.

№ Етап	№ Вузла			Параметр
	Вузел №1	Вузел №2	Вузел №3	
1	9,887	9,887	9,901	U_1
	0,1133	0,0113	0,0991	ΔU_1
	0,0113	0,01129	0,0099	ΔU_{p1}
	3,459	3,477	2,961	$\xi(\Delta P)_1$
2	9,895	9,887	9,901	U_2
	0,1047	0,0113	0,0991	ΔU_2
	0,0105	0,01129	0,0099	ΔU_{p2}
	3,114	3,477	2,961	$\xi(\Delta P)_2$
3	9,895	9,896	9,901	U_3
	0,1047	0,1043	0,0991	ΔU_3
	0,0105	0,0104	0,0099	ΔU_{p3}
	3,114	3,209	2,961	$\xi(\Delta P)_3$
4	9,904	9,896	9,901	U_4
	0,096	0,1043	0,0991	ΔU_4
	0,0096	0,0104	0,0099	ΔU_{p4}
	2,77	3,209	2,961	$\xi(\Delta P)_4$
5	9,904	9,904	9,901	U_5
	0,096	0,0957	0,0991	ΔU_5
	0,0096	0,0096	0,0099	ΔU_{p5}
	2,77	2,824	2,961	$\xi(\Delta P)_5$
6	9,904	9,904	9,904	U_6
	0,096	0,0957	0,0904	ΔU_6
	0,0096	0,0096	0,009	ΔU_{p6}
	2,77	2,824	2,559	$\xi(\Delta P)_6$



Розрахунок за економічною ефективністю

$$p_{k11} = \frac{3000 \cdot 1,9 \cdot 10^{-3}}{200} \left[\frac{1}{10^2} (2 \cdot 1054 \cdot 0,85 - 50 \cdot 0,85 + 2 \cdot (1085 + 936) \times 0,058) + 0,001 \right] - 0,17 = 0,395.$$

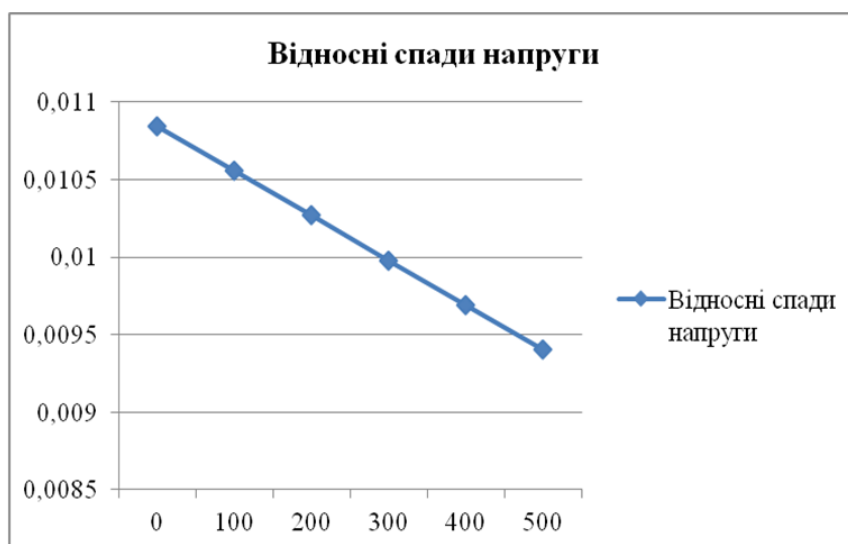
p_{k11}	p_{k12}	p_{k13}
0,395	0,408	0,332

Отримані результати всіх ітерацій розрахунку.

№ етапу	p_1	p_2	p_3
2	0,393	0,384	0,331
3	0,369	0,382	0,329
4	0,367	0,358	0,327
5	0,343	0,356	0,326
6	0,341	0,332	0,324

Продовження додатку Л

Графік зниження відносних втрат напруги розподільчих мережах від сумарної потужності встановлених КУ.



08-17. МКР.002.07.000. Е7

					08-17. МКР.002.07.000. Е7			
Зм	Лист	№ Докум.	Підп.	Дата	Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Дослідження компенсації реактивної потужності в електричних мережах ПРАТ «Вінницький завод «Маяк»	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив	Задворний М. С.							
Перевірив	Демов О. Д.							
Н. конт.	Войтюк Ю. П.							
Рецензент								
Затв.	Бурбело М. Й.				ВНТУ, ст.. гр. ЕСЕ-18м			