

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

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

_____магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Оптимізація системи електропостачання Закритого акціонерного
товариства «Вінниця-млин»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-19м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
ОП «Електротехнічні системи
електроспоживання»

_____Черніков І.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., доц. Бабенко О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 року

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

проф. М. Й. Бурбело

“ ___ ” _____ 2020 року

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

Чернікову Іллі Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Оптимізація системи електропостачання Закритого акціонерного товариства «Вінниця-млин»

керівник роботи Бабенко Олексій Вікторович к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ ___ ” _____ 2020р. № ___

2. Термін подання студентом роботи “ ___ ” _____ 2020року

3. Вихідні дані до роботи Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства. (Додаток Б)

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Характеристика підприємства та напрямків досягнення якості електропостачання. Визначення оптимальних параметрів системи електропостачання. Оптимізація системи електропостачання на підприємстві. Економічна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

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

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____ Черніков І.В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Бабенко О.В.
 (підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	6
ВСТУП.....	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ТА НАПРЯМІВ ДОСЯГНЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	10
1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства	10
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	11
1.3 Вплив вищих гармонік на роботу електричного обладнання	12
2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	17
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	17
2.2 Оптимізація кількості, потужності та місця розташування цехових ТП	19
2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення.....	25
2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП.....	26
2.5 Оптимальна компенсація реактивної потужності	30
3 ОПТИМІЗІЦІЯ СЕП ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ УСУНЕННЯ ВИЩИХ ГАМОНІК АКТИВНИМ СИЛОВИМ ФІЛЬТРОМ	34
3.1 Аналіз використання активних СФ для усунення вищих гармонік	34
3.2 Розробка цифрової моделі АСФ в MATLAB Simulink	38
3.3 Моделювання основних режимів роботи активного силового фільтра	41
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	44
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	44
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	46
4.3 Розрахунок поточних витрат	48
4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі.....	48
4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі.....	50
4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються	53
4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат	55
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії.....	56

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію	56
4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії.....	58
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	61
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації	62
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	62
5.1.2 Електробезпека.....	62
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	64
5.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення.....	64
5.2.2 Склад повітря робочої зони	65
5.2.3 Виробниче освітлення	66
5.2.4 Виробничий шум	68
5.2.5 Виробничі вібрації	69
5.2.6 Психофізіологічні фактори.....	70
5.3 Визначення області працездатності елементів електричних мережах комунального підприємства ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	71
5.3.1 Визначення області працездатності елементів електричних мережах комунального підприємства ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії сейсмічних хвиль	72
5.3.2 Визначення області працездатності елементів ЕМ комунального підприємства ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії ЕМП	73
5.4 Розробка заходів по підвищенню стійкості роботи ЕМ в умовах надзвичайних ситуацій	75
5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	77
5.5.1 Визначення області працездатності СЕП «Вінниця-млин» в умовах дії іонізуючого випромінювання.....	78
5.5.2 Визначення області працездатності СЕП «Вінниця-млин» в умовах дії електромагнітного імпульсу.....	80

5.6 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи СЕП «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	81
ВИСНОВКИ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
Додаток А – Технічне завдання	
Додаток Б – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами	
Додаток В – Однолінійна схема електропостачання підприємства	
Додаток Г – Оптимальна потужність конденсаторних батарей	
Додаток Д – Основні техніко економічні показники системи електропостачання	
Додаток Є – Модель АСФ в середовищі MATLAB	
Додаток Ж – Результати моделювання основних режимів роботи АСФ	

АНОТАЦІЯ

Черніков Ілля Володимирович. Оптимізація системи електропостачання Закритого акціонерного товариства «Вінниця-млин». МКР. Спеціальність 141 – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2020 - 87 с.

В роботі проведено ряд проектних рішень для оптимізації системи електропостачання ЗАТ «Вінниця-млин».

Дані для виконання магістерської роботи були зібрані в результаті проходження переддипломної практики на підприємстві «Вінниця-млин».

Для системи електропостачання підприємства у роботі було проведено вибір конфігурації мережі, найбільш енергоефективного обладнання для її роботи, кількості та потужності трансформаторів, а також захисного та вимірювального обладнання для забезпечення надійного живлення установок.

Науково дослідна частина роботи присвячена аналізу пристроїв активних силових фільтрів. Також здійснено вибір активного силового фільтра для роботи в мережі електропостачання підприємства на основі розробленої комп'ютерної моделі в яка дає змогу промоделювати основні режими роботи фільтра.

Окремий пункт даної роботи був присвячений розрахунку основних техніко-економічних величин та собівартості електроенергії в системі електропостачання.

Проаналізовано питання охорони праці на підприємстві, а також питання безпеки в надзвичайних ситуаціях для обслуговуючого персоналу.

Проведено аналіз щодо питань охорони праці а також безпеки в надзвичайних ситуаціях для даного підприємства.

Ключові слова: силовий трансформатор, електрична мережа, активний фільтр.

АННОТАЦИЯ

Черников Илья Владимирович. Оптимизация системы электроснабжения Закрытого акционерного общества «Винница-млин». МКР. Специальность 141 - Винница: ВНТУ, ФЭЭМ, кафедра ЭСЭЭМ, 2020 – 87 с.

В работе проведен ряд проектных решений для оптимизации системы электроснабжения ЗАО «Винница-млин».

Данные для выполнения магистерской работы были собраны в результате прохождения преддипломной практики на предприятии «Винница-млин».

Для системы электроснабжения предприятия в работе был проведен выбор конфигурации сети, наиболее энергоэффективного оборудования для ее работы, количества и мощности трансформаторов, а также защитного и измерительного оборудования для обеспечения надежного питания установок.

Научно исследовательская часть работы посвящена анализу устройств активных силовых фильтров. Также осуществлен выбор активного силового фильтра для работы в сети электроснабжения предприятия на основе разработанной компьютерной модели в позволяющая промоделировать основные режимы работы фильтра.

Отдельный пункт данной работы был посвящен расчету основных технико-экономических величин и себестоимости электроэнергии в системе электроснабжения.

Проанализированы вопросы охраны труда на предприятии, а также вопросы безопасности в чрезвычайных ситуациях для обслуживающего персонала.

Проведен анализ по вопросам охраны труда а также безопасности в чрезвычайных ситуациях для данного предприятия.

Ключевые слова: силовой трансформатор, электрическая сеть, активный фильтр.

ВСТУП

Актуальність теми. Складність питань проектування систем електропостачання промислових підприємств полягає в оптимальному, раціональному та ефективному вирішенні цієї проблеми. Саме комплексне рішення даної задачі в сукупності з необхідними вимогами і стандартами електропостачання дозволяють економічно і технічно грамотно працювати всьому підприємству.

Важкий фінансовий стан промисловості змушує керівників підприємств вирішувати дану проблему. Одними з найбільш прогресивних заходів в цьому напрямку є заходи із заощадження енергоресурсів і, отже, зменшення енергоємності продукції, що випускається, що призводить до зниження її собівартості і підвищенню конкурентоспроможності. Оптимальне поєднання економічних і технічних рішень при проектуванні систем електропостачання спільно з впровадженням енергозберігаючих технологій є найбільш істотною мірою вирішення цього завдання.

Стан якості електричної енергії в мережі електропостачання не відповідає нормам встановленим ГОСТ. Технічно правильне рішення при створенні систем електропостачання виключає в себе усунення недопустимих відхилень параметрів електроенергії. Під час виконання проектування СЕС підприємства потрібно враховувати можливість подальшого розвитку і збільшення виробництва і пов'язаного з цим збільшення споживаної потужності.

Мета і задачі дослідження. В даній роботі по оптимізації системи електропостачання ЗАТ «Винниця-млин» необхідно провести аналіз системи електропостачання підприємства на основі сучасних методик проектування СЕП, для досягнення даної мети необхідно спроектувати зовнішню та внутрізаводську мережу, підібрати оптимальне електрообладнання та апарати його захисту та обліку електричної енергії. здійснити заходи по зменшенню вищих гармонік в СЕП підприємства

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно здійснити виконання наступних задач на основі сучасних методів проектування СЕП:

- кількість, тип та встановлена потужність трансформаторних підстанцій, які забезпечують оптимальне електропостачання;
- тип, переріз, спосіб прокладення ліній живлення, які забезпечують надійне та економічне електропостачання;
- розташування трансформаторних підстанцій на території підприємства з врахуванням картограми навантаження що дає мінімальні втрати потужності,
- розрахунок пристроїв компенсації для усунення зниження напруги;
- використання активного силового фільтра для забезпечення нормованих рівнів вищих гармонік та покращення показників якості електричної енергії в цілому по підприємстві.

Об'єкт дослідження – оптимізація системи електропостачання підприємства шляхом зменшення впливу вищих гармонік за рахунок впровадження активного силового фільтра.

Предмет дослідження – система електропостачання ЗАТ «Винниця-млин».

Методи проведення дослідження використані у роботі. Для виконання поставлених задач у дипломній роботі були використані державно утверджені методи та моделі розрахунку та проектування електричних систем.

Наукова новизна. Розроблено модель активного силового фільтра з використанням засобів комп'ютерного моделювання процесів в електричних мережах MatLAB, Simulink, що дало змогу провести дослідження режимів роботи активного фільтра в системі електропостачання підприємства для якого характерна наявність не нормованого значення вищих гармонік.

Практична цінність. Розроблені моделі можуть використовуватись в процесі реального проектування ЕПС споживачів електроенергії.

Особистий внесок здобувача. Усі наукові положення та результати МКР, що виносяться на захист, отримані автором одноособово.

1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ПІДПРИЄМСТВА ТА НАПРЯМІВ ДОСЯГНЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

1.1 Характеристики технологічного процесу підприємства

ЗАТ «Вінниця-млин» знаходиться за адресою: вулиця Данила Нечая 7, Вінниця, Вінницька область, Україна. Підприємство спеціалізується на виробленні продуктів борошномельно-круп'яної промисловості, оптовій торгівлі продуктами харчування, напоями та тютюновими виробами.

Процес виготовлення на підприємстві борошна повністю механізований. Початковим етапом підготовки зернової фракції до переробки є очищення і кондиціонування. Очищення зернової маси від сміттевої домішки виконують в сепараційних, трієрних і дуаспіраторних апаратах; видалення мінеральної домішки - в камнеочисниках; мийку зерна здійснюють в спеціальних мийних агрегатах і зволожують його в силосах. При необхідності зернова маса додатково проходить серію цих обробок.

Наступним етапом технології виробництва борошна є очищення поверхні зернових оболонок від забруднень. Дану операцію в залежності від технічного оснащення підприємства виконують сухим або мокрим способом. Перший з них передбачає використання спеціального апарату, головний робочий орган якого - бочковий барабан, розташований в сталевому або абразивному циліндрі. В результаті ударів, тертя і взаємодії один з одним зерна очищаються від всіляких забруднень, що луцаться оболонок, який прилип ґрунту. Для видалення пилоподібних засмічених фракцій оббивальні апарати оснащуються аспіраторами.

Забезпечення стабільності якісних параметрів зерна сприяє зниженню частоти регулювань зернопереробних машин. Грамотне поєднання компонентів зернової маси з різною вологістю, рівнем клейковини, ендосперму, обумовлює виробництво борошна з очікуваним виходом, прогнозованими властивостями і прийнятною собівартістю.

Технологічна схема виробництва борошна передбачає розмелювання зерна в борошно, що складається з безпосереднього розмелювання або дроблення, а також

просіювання результатів помелу. Подрібнення виконують на вальці обладнанні з рифленою, шорсткою або рівною поверхнею. Слідом за вальцьовим апаратом розміщують розсівання, що складається з комплекту різнокаліберних сит, змонтованих один під одним, для сортування результатів помелу за величиною частинок. Таке обладнання для виробництва борошна, як вальця апарат з просіюванням, формує драну або розмелену масу. Перша з них з рифленими вальцями використовується для подрібнення зернової маси в крупу. Система з рівними вальцями застосовується для виготовлення борошна.

Сучасні млини для виробництва борошна передбачають повторювальний спосіб помелу з багаторазовим проходом зерна або подрібнених елементів крізь драні-розмельні апарати. Розрізняють простий і складний помел даної категорії. При простому - виробляють лише односортне борошно. Дроблення здійснюють на 3-4 системах. При складному сортовому подрібненні зернову масу пропускають крізь драні апарати, сортувальні вузли фракцій помелу і їх збагачення, а потім розуміли крупок на різних розмельних системах. На початковому етапі намагаються зробити мінімум борошняної фракції на драних апаратах. Результат помелу проходить сортування за розміром і щільності, збагачується на спеціальному ситі. У сумарній кількості при складному помелі виробляють близько двох десятків борошняних потоків різноманітної якості. Потім їх поєднують в 1-3 сорти відповідно до сортового помелу.

У схемі виробництва борошна основний операцією є помел (одиничний і повторювальний). При одиничному борошно утворюється за один прохід крізь помольне обладнання. Якісні характеристики такої муки невисокі.

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

Генеральний план ЗАТ «Винниця-млини» подано на рисунку 1.1, дані про потужності корпусів підприємства наведено в таблиці 1.1. Відстань від підстанції енергосистеми до підприємства становить 2,0 км. Величина потужності КЗ на рівні 10 кВ рівна $S_{кз}=50$ МВА. Величина зазначеної реактивної потужності $Q_{вх} = 108$ квар. Час використання максимального навантаження підприємством $T_{м}=4000$ год/рік.

Час максимальних втрат дорівнює $\tau_m = 2405,29$ год/рік. Тариф за спожиту активну електроенергію $t = 2,33765$ грн/кВт*год.

Таблиця 1.1 – Відомості про навантаження ЗАТ «Винниця-млин»

Позначення	Найменування	$P_{н\text{, кВТ}}$
1	Склад готової продукції	70
2	Склад висівок	120
3	Майстерня	30
4	Вальцевий парк	105
5	Бункера	60
6	Вагова автомобільна	70
7	Вагова	100
8	Склад накопичення	55
9	Адміністративна будівля	45
10	Прохідна	7
11	Транспортер	50

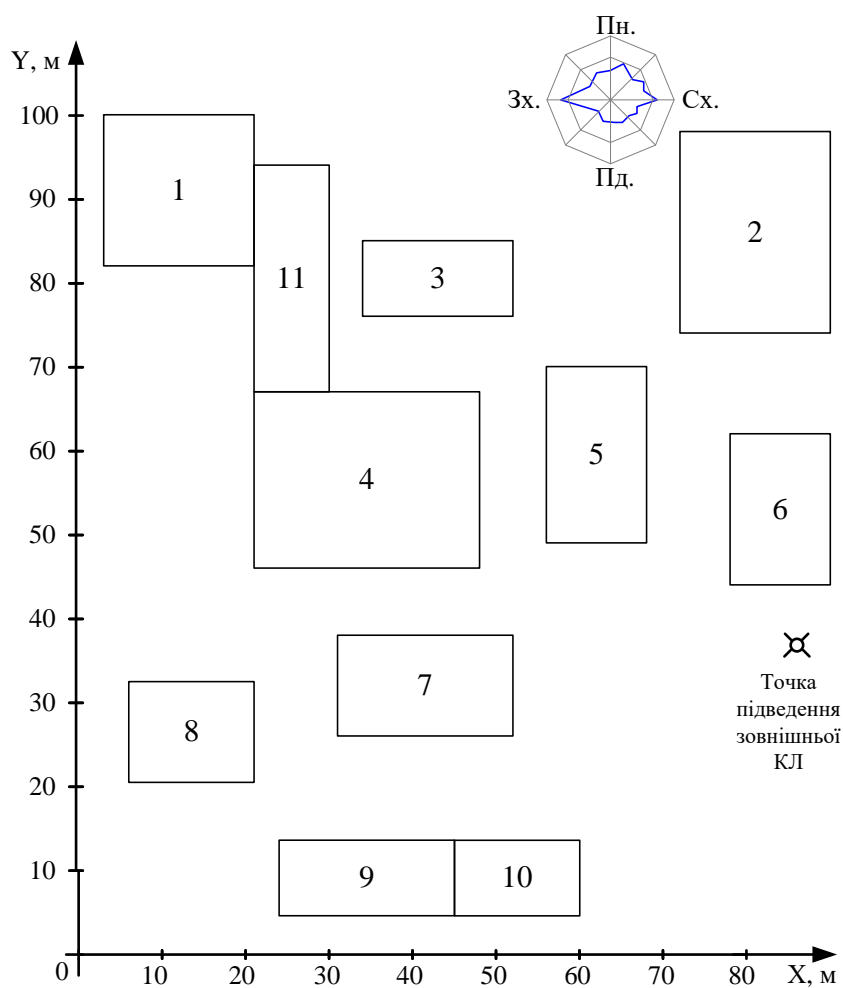


Рисунок 1.1 – Генплан підприємства

1.3 Вплив вищих гармонік на роботу електричного обладнання

Викривлена крива струму або напруги може бути розкладена на фундаментальну синусоїду (50 Гц) і суму певної кількості кратних частот 50 Гц. Наприклад 250 Гц – 5-я гармоніка і 350 Гц - 7-я гармоніка.

Сума певної кількості частот, які можуть бути додані до синусоїди 50 Гц для отримання існуючої форми струму або напруги і називається гармоніками. Відповідно при зміні їх амплітуди, фази та частоти змінюється крива струму або напруги як результат синтезу гармонік.

Нелінійні спотворення виявляються як зміна синусоїдальності кривої струму або напруги. Частоти вище фундаментальної (50 Гц) називаються гармоніками, частоти нижче фундаментальної називаються субгармоніками.

Джерелами вищих гармонік струмів і напруг в розподільних мережах є нелінійні навантаження, представлені вентиляними перетворювачами, дуговими сталеплавильними і руднотермічними печами, газорозрядними лампами, зварювальних установок, потужні магнітні підсилювачі і т.д. Вищі гармоніки струму і напруги несприятливо впливають на роботу електричних мереж і деяких електроприймачів – системи автоматизації, релейного захисту, телемеханіки і мереж зв'язку. Вплив вищих гармонік сприяє появі втрат в електричних мережах і трансформаторах, яке призводить до погіршення умов компенсації реактивної потужності, що веде до швидкого старіння ізоляції і зменшення терміну служби всієї розподільної системи в цілому. Тому в ряді випадків потрібна розробка спеціальних заходів для поліпшення форми кривої напруги в електричній мережі.

Гармонійні спотворення напруг і струмів виникають через наявність в мережах елементів, обладнання з нелінійною вольт-амперною характеристикою [6].

Джерела спотворення синусоїдальної напруги можуть бути згруповані по основним типам.

Зварювальні автомати; зварювальні машини і дугові сталеплавильні печі генерують широкий і безперервний спектр гармонік. частоти гармонік, що генеруються освітлювальним обладнанням.

- трансформатори з нелінійними характеристиками, особливо з насиченням;

- індукційні двигуни, двигуни, генератори, і т.д. [5], індукційні двигуни можуть генерувати гармоніки через наявність зазору між статором і ротором, особливо в поєднанні з насиченням стали;

При нормальній швидкості обертання ротора частоти гармонік знаходяться в діапазоні 500-2000 Гц, але при запуску двигуна "пробігають" весь діапазон частот аж до усталеного значення; перешкоди, створювані двигунами, можуть бути значними при установці їх в кінці довгої лінії низької напруги (понад 1 км); в цих випадках були заміряні гармоніки величиною до 1%; побутова техніка: комп'ютери, телевізори, СВЧ-печі, обертові машини - генератори і двигуни, що обертається поле яких не ідеально синусоїдальне. При цьому вдається погасити гармоніки перших порядків, які більш значні, ніж вищі гармоніки і мають менші значення і гірше поширюються по системі.

насичені магнітні ланцюги, в першу чергу трансформатори, в яких відношення між індукцією B і магнітним полем H нелінійно. Для намагнічує струму в першому наближенні можна прийняти, що основна гармоніка переважає, а інші гармоніки незначні. Однак при цьому магнітний потік, а отже, і напруга на затискачах не можуть розглядатися як синусоїдальні.

Сучасні освітлювальні системи мають ряд властивостей, що шкідливо впливають на живильну мережу і підключаються до неї пристрої. Найбільш важливими з цих властивостей є гармонійні спотворення споживаного з мережі струму і низький коефіцієнт потужності. Основні джерела вищих гармонік в освітлювальних системах:

- розрядна плазма;
- насичення трансформаторів в низьковольтних системах;
- електронні регулятори і обмежувачі напруги;
- високочастотні ПРА;
- низьковольтні харчування ГЛН, звані електронними трансформаторами.

Гармоніки, що генеруються нелінійним навантаженням, створюють додаткові втрати в трансформаторах. Ці втрати можуть привести до значних втрат енергії і бути причиною виходу з ладу трансформаторів внаслідок перегріву. Перебіг по

обмоткам трансформатора несинусоїдальних струмів, внаслідок поверхневого ефекту і ефекту близькості, призводить до збільшення активного опору обмоток трансформатора і, як наслідок, до додаткового нагрівання. Термін служби трансформатора залежить від нагрівання його частин і не дозволяє при несинусоїдній струмі використовувати трансформатор на всю його номінальну потужність, її доводиться занижувати. Наприклад, повне завантаження трансформатора може наступити при використанні лише 80% номінальної потужності, зазначеної в його паспортних даних.

Якщо не враховувати перевищення температури і спробувати використовувати трансформатор «відповідно» з його номінальними даними, термін його служби іноді може скоротитися з 40 років до 40 днів. Крім того, високочастотні гармоніки струму - це причина появи вихрових струмів в обмотках трансформатора, що викликає додаткові втрати потужності і перегрів трансформатора. Для лінійних навантажень втрати на вихрові струми складають в загальних втратах приблизно 5%, з нелінійним навантаженням вони іноді зростають в 15-20 разів.

Гармоніки, що генеруються нелінійним навантаженням, створюють додаткові втрати в шинопроводах. Ці втрати можуть привести до значних втрат енергії і бути причиною виходу з ладу шинопроводів внаслідок перегріву. Перебіг по стисненим в пакет шинам в ізоляції несинусоїдальних струмів, внаслідок поверхневого ефекту і ефекту близькості, призводить до збільшення активного опору і, як наслідок, до додаткового нагрівання. Термін служби шинопровода залежить від нагрівання його частин і не дозволяє при несинусоїдній струмі використовувати шинопровод на всю його номінальну потужність. В результаті доводиться занижувати потужність і вибирати шинопровод з великим перетином, що істотно збільшує вартість об'єкта. Наприклад, повне завантаження шинопровода може наступити при використанні лише 80 - 85% номінальної потужності, зазначеної в його паспортних даних. Якщо не вживати ніяких заходів, то термін служби шинопровода може скоротитися, в залежності від амплітуди гармонік, в 1,1 - 2 рази.

Скорочення терміну служби електроустаткування через інтенсифікацію теплового і електричного старіння ізоляції. При робочих температурах в ізоляційних

матеріалах протікають хімічні реакції, що призводять до поступової зміни їх ізоляційних і механічних властивостей. З ростом температури ці процеси прискорюються, скорочуючи термін служби обладнання. У конденсаторах втрати енергії пропорційні частоті, тому несинусоїдальний струм призводить до їх додатковому нагріванню. В електричних машинах струми нульової послідовності створюють додаткове підмагнічування стали, що призводить до погіршення їх характеристик і додатковому нагріванню сердечників (статори асинхронних двигунів, магнітопроводи трансформаторів).

Сутність електричного старіння полягає у виникненні так званих часткових розрядів, які поширюються лише на частину ізоляційного проміжку, наприклад, часткові розряди в газових включеннях.

Висновки: в даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено аналіз особливостей електропостачання підприємства. Наведено відомості про електричні навантаження споживачів. Проведено аналіз впливу вищих гармонік на роботу електричного обладнання.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Для виконання даної поставленої задачі необхідно провести автоматизований розрахунок електричних навантажень для підприємства в цілому, використовуючи коефіцієнт одночасності, та для кожного виробничого корпусу та споруди окремо за допомогою загально прийнятих методів коефіцієнта використання k_v та коефіцієнта попиту k_{Π} [12].

В 2.1-2.21 наведені формули за допомогою яких буде виконано розрахунок результати якого представлено у табличній формі, який наведений на рисунку 2.1.

Коефіцієнт реактивної потужності:

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

Розрахункова активна потужність освітлення:

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

Розрахункова реактивна потужність освітлення:

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

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

Середня активна потужність:

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

Середня реактивна потужність:

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

Середня повна потужність:

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

Середній струм:

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

Розрахункова активна потужність:

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

Розрахункова реактивна потужність:

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

Розрахункова повна потужність:

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

Розрахунковий струм:

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

Питома густина навантажень:

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

Сумарна середня активна потужність:

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

Сумарна середня реактивна потужність:

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

Сумарна середня повна потужність:

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

Сумарна розрахункова активна потужність освітлення:

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

Сумарна розрахункова реактивна потужність освітлення:

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

Сумарна розрахункова активна потужність:

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

Сумарна розрахункова реактивна потужність:

$$Q_{p\Sigma} = k_o \cdot \sum_1^N P_n \cdot K_n \cdot \text{tg} + Q_{po\Sigma}. \quad (2.19)$$

Сумарна розрахункова повна потужність:

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

Сумарна питома густина навантажень:

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

Усі результати розрахунку наведені на рисунку 2.1 у табличній формі. Дана таблична форма виконує розрахунок середніх та розрахункових навантажень цехів, та заводу вцілому [12]. Для підприємства значення середньої потужності склало $S_{c\Sigma}=448,44$ кВА, значення розрахункової потужності, $S_{p\Sigma}=490,58$ кВА з урахуванням коефіцієнта одночасності.

2.2 Оптимізація кількості, потужності та місця розташування цехових ТП

Для виконання даної задачі по вибору оптимальної потужності трансформаторів для цеховий трансформаторних підстанцій (ЦТП) буде використана автоматизована таблиця пошуку рішення, а під час розрахунку були враховані наступні загальноприйняті вимоги:

- для ЦТП оптимальним показником для здійснення вбору являється значення приведених річних затрат на експлуатацію та обслуговування. Обирається варіант з найменшим таким показником;

- для паралельної роботи в мережі електропостачання підприємства допускається максимум три стандартні потужності трансформаторів.

Таблична форма для автоматизованого розрахунку оптимальних потужностей ЦТП представлена на рисунку 2.2.

№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Глоша, м ²	Кп0	Рплг, Вт/м ²	Кпра	tg0	Середні нав-ня			Розрах. нав-ня			U	V		
												Рс, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА			Кр, А	
№	Цех	Рн, кВт	cos	tg	Кп	Кв	Глоша, м ²	Кп0	Рплг, Вт/м ²	Кпра	tg0	Qm0, квар	Рр0, кВт	Qс, квар	Sc, кВА	Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВА	Кр, А	U	V
2	2	3	0,75	0,88	0,55	0,5	324	0,6	0,012	1,1	0,43	1,10	2,57	37,57	31,97	49,33	41,07	35,06	53,99	82,04	0,17
4	Склад готової продукції	70	0,8	0,75	0,55	0,5	432	0,6	0,012	1,1	0,43	1,47	3,42	63,42	46,47	78,62	69,42	50,97	86,12	130,85	0,20
5	Склад висівок	120	0,6	1,33	0,55	0,4	162	0,9	0,015	1,2	0,43	1,13	2,62	14,62	17,13	22,52	19,12	23,13	30,01	45,60	0,19
6	Майстерня	30	0,6	1,33	0,6	0,5	567	0,9	0,015	1,2	0,43	3,95	9,19	61,69	73,95	96,30	72,19	87,95	113,78	172,87	0,20
7	Вальцевий парк	105	0,6	1,33	0,6	0,5	567	0,9	0,015	1,2	0,43	0,86	2,00	26,00	22,02	34,07	29,00	24,67	38,07	57,84	0,15
8	Бункера	60	0,75	0,88	0,45	0,4	252	0,6	0,012	1,1	0,43	1,25	2,92	23,92	19,77	31,03	27,42	22,86	35,70	54,24	0,17
9	Вагова автомобільна	70	0,75	0,88	0,35	0,3	216	0,9	0,015	1	0,43	1,17	2,72	32,72	27,63	42,83	37,72	32,04	49,49	75,19	0,20
10	Вагова	100	0,75	0,88	0,35	0,3	252	0,9	0,012	1	0,43	0,61	1,43	23,43	20,02	30,81	26,18	22,44	34,48	52,38	0,19
11	Склад накопичення	55	0,75	0,88	0,45	0,4	180	0,6	0,012	1,1	0,43	1,96	4,55	24,80	19,82	31,75	29,30	23,79	37,74	57,34	0,20
12	Адміністративна будівля	45	0,75	0,88	0,55	0,45	189	0,85	0,021	1,35	0,43	1,40	3,25	6,75	4,49	8,11	7,10	4,79	8,57	13,02	0,06
13	Прохідна	7	0,75	0,88	0,55	0,5	135	0,85	0,021	1,35	0,43	0,83	1,92	16,92	18,36	24,97	19,42	21,29	28,82	43,78	0,12
14	Транспортер	50	0,65	1,17	0,35	0,3	243	0,6	0,012	1,1	0,43	15,73	36,59	331,84	301,63	448,44	360,87	332,32	490,58	745,35	0,17
15	Всього по підприємству	712					2952														

Рисунок 2.1 - Розрахунок навантаження підприємства

Для оптимального вибору стандартної потужності та місця розташування ЦТП доцільно скористатися величиною питомої густини по території підприємства.

Використовуючи [1] та враховуючи категорію надійності для даного підприємства здійснюємо оптимальний вибір кількості трансформаторів у ЦТП. На території даного підприємства доцільно спорудити дві ЦТП та використати в них по два трансформатори включених на паралельну роботу.

Потужність трансформаторів ЦТП зі стандартного ряду потужностей необхідно вибрати таку, яка дасть змогу безперебійного живлення виробничих корпусів на час аварійного виключення та мінімізувати величину недовідпуску продукції. Та врахувати те що споживачі III категорії можуть бути відключені на час ремонту після аварійного відключення.

Автоматизована таблична форма по розподілу виробничих корпусів та споруд підприємства між двома ЦТП показана на рисунку 2.2.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	№ ТП	№ цеху	Назва цеху	Розрахункова активна потужність Pp, кВт	Розрахункова реактивна потужність Qp, кВАр	Повна розрахункова потужність Sp, кВА	Середня активна потужність Pс, кВт	Середня реактивна потужність Qс, кВАр	Повна середня потужність Sc, кВА
2	ТП1	4	Вальцевий парк	72,185	87,950	113,780	61,685	73,950	96,300
3		7	Вагова	37,722	32,037	49,491	32,722	27,628	42,825
4		8	Склад накопичення	26,176	22,440	34,478	23,426	20,015	30,812
5		9	Адміністративна будівля	29,304	23,786	37,743	24,804	19,817	31,749
6		10	Прохідна	7,103	4,794	8,570	6,753	4,486	8,107
7			Всього по ТП1	172,490	171,008	242,892	149,390	145,896	208,813
8	ТП2	1	Склад готової продукції	41,066	35,057	53,995	37,566	31,971	49,329
9		2	Склад висівок	69,421	50,971	86,124	63,421	46,471	78,625
10		3	Майстерня	19,124	23,128	30,011	14,624	17,128	22,522
11		5	Бункера	28,996	24,670	38,071	25,996	22,024	34,071
12		6	Вагова автомобільна	27,416	22,861	35,697	23,916	19,774	31,032
13		11	Транспортер	19,425	21,287	28,818	16,925	18,365	24,974
14			Всього по ТП2	205,448	177,975	271,816	182,448	155,733	239,875

Рисунок 2.2 - Розподіл цехів між ЦТП

Виконання даної задачі здійснюється за допомогою табличної форми на листі електронного процесора EXCEL, використовуючи наступні вхідні дані:

- 1) $E_c=0,1$ - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень для ТП;
- 2) $E_a=0,066$ - коефіцієнт відрахувань на амортизацію в ТП;
- 3) Для знаходження коефіцієнта навантаження трансформаторної підстанції в нормальному режимі використаємо наступний алгоритм:

- середня температура протягом року складає $\theta=10,7^{\circ}\text{C}$, згідно ГОСТ 14209-97 для Вінницького регіону;

- використовуючи ГОСТ 14209-97 здійснюємо поправку на температуру охолодження зумовленою навколишнього середовища яка характерна трансформаторам які встановлено не в виробничому приміщенні, для території даного підприємства його величина рівна $\Delta\theta=6^{\circ}\text{C}$;

- отже величина ефективної температури нагріву від впливу зовнішнього середовища рівна:

$$\theta_e = \theta + \Delta\theta = 10,7 + 6 = 16,7^{\circ}\text{C};$$

- коефіцієнт навантаження трансформатора при роботі в нормальному режимі згідно ГОСТ 14209-97, таблиці 6 приймається $k_n=1$.

4) для післяаварійного режиму роботи трансформатора необхідно врахувати відповідний коефіцієнт навантаження.

Відповідно літньому періоду року максимально для Вінниччини являється температура рівна 30°C .

Вибираємо величину навантаження у післяаварійного режиму згідно таблиць [2], даний коефіцієнт буде рівним $k_{па}=1,3$.

5) Для безперебійного робочого процесу для мережі підприємства допустимим є відключення 10% навантаження на час здійснення ремонтних робіт та відновлення повноцінного живлення мережі. Таким чином в післяаварійному режимі навантаження буде рівним 90% від розрахункового, а $k_{ппа}=0,9$.

Таким чином, знаходження даного проектного рішення складаємо табличну форму, що містить наступну математичну модель для оптимального вибору потужності трансформаторів ЦТП, для якої встановлена потужність ТП являється керованою змінною, а критерій ефективності це приведені затрати на експлуатацію протягом календарного року:

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

де $B_{ТП}(S_{ТП})$ - річна приведена вартість капіталовкладень;

$B_B(S_{ТП})$ - вартість річних втрат електроенергії.

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

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

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

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

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

k_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора;

B_0 - питома вартість втрат електроенергії.

З урахуванням формул 1.60 та 1.59, формула 1.58 запишеться в наступному вигляді:

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

Критерієм оптимальності в даній задачі є мінімум річних приведених затрат.

Запишемо обмеження, які накладаються на керовану змінну:

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

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

Втрати потужності в цехових ТП розраховуються за такими формулами:

Втрати активної потужності:

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

Втрати реактивної потужності:

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

На рисунку 2.3, 2.4 показані табличні форма, в яких автоматизовано процес вибору оптимальної потужності цехової ТП згідно математичної моделі, яка наводиться вище.

За результатами виконаного розрахунку вибираємо для ЦТП 1,2 комплектні ТП з трансформаторами 400 кВА.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП1 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	242,89			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	208,81			
5	Кількість трансформаторів										kt=	1			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Vo=	5622,7			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ea=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ez=	0,036			
14															
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмж. 1	обмж. 2
16		63	1,28	0,24	78,695	10,703	19,026	0,24	19,266	108,33	---		---	---	---
17		100	1,97	0,33	89,833	12,217	11,622	0,33	11,952	67,204	---		---	---	---
18		160	3,1	0,51	103,36	14,056	7,1441	0,51	7,6541	43,037	---		---	---	+
19		250	4,2	0,74	112,23	15,264	3,9646	0,74	4,7046	26,452	41,716		+	+	+
20	V	400	5,9	0,95	126,49	17,202	2,1755	0,95	3,1255	17,574	34,776	V	+	+	+
21		630	8,5	1,31	157,18	21,376	1,2635	1,31	2,5735	14,47	35,846		+	+	+
22		1000	10,5	2,1	205,18	27,904	0,6195	2,1	2,7195	15,291	43,195		+	+	+
23		1600	18	2,8	230,81	31,39	0,4148	2,8	3,2148	18,076	49,466		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	273,83	37,241	0,2218	3,85	4,0718	22,895	60,135		+	+	+
25										Змін=	34,776				
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	400			

Рисунок 2.3 – Вибір потужності ТП1

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	Вибір оптимальної потужності ТП2 за мінімумом затрат														
2	Дані нормального режиму														
3	Розрахункова потужність ТП, кВА										Sp=	271,82			
4	Середня потужність ТП, кВА										Sc=	239,88			
5	Кількість трансформаторів										kt=	1			
6	Допустимий коефіцієнт навантаження в нормальному режимі										kn=	1			
7	Дані післяаварійного режиму														
8	Допустимий коефіцієнт навантаження післяаварійному режимі										kpa=	1,3			
9	Доля навантаження в п.а. режимі										knpa=	0,8			
10	Економічні характеристики														
11	Питома вартість втрат, грн/кВт										Vo=	5622,7			
12	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень										Ea=	0,1			
13	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію										Ez=	0,036			
14															
15	*	St, кВА	dPкз, кВт	dPкх, кВт	Kтп, тис. грн.	E*К, тис. грн.	dPзм, кВт	dPпс, кВт	dP, кВт	Vв, тис. грн.	З, тис. грн.	*	X	обмж. 1	обмж. 2
16		63	1,28	0,24	78,695	10,703	23,828	0,24	24,068	135,33	---		---	---	---
17		100	1,97	0,33	89,833	12,217	14,555	0,33	14,885	83,695	---		---	---	---
18		160	3,1	0,51	103,36	14,056	8,9469	0,51	9,4569	53,174	---		---	---	---
19		250	4,2	0,74	112,23	15,264	4,965	0,74	5,705	32,078	47,341		+	+	+
20	V	400	5,9	0,95	126,49	17,202	2,7245	0,95	3,6745	20,661	37,863	V	+	+	+
21		630	8,5	1,31	162,18	22,056	1,5823	1,31	2,8923	16,263	38,319		+	+	+
22		1000	10,5	2,1	205,18	27,904	0,7758	2,1	2,8758	16,17	44,074		+	+	+
23		1600	18	2,8	230,81	31,39	0,5195	2,8	3,3195	18,665	50,054		+	+	+
24		2500	23,5	3,85	273,83	37,241	0,2778	3,85	4,1278	23,209	60,45		+	+	+
25										Змін=	37,863				
26										Опт. Пот. Трансформатора	St*=	400			

Рисунок 2.4 – Вибір потужності ТП2

2.3 Визначення оптимального перерізу ліній живлення

ЗАТ «Вінниця-млин» отримує живлення електричною енергією від підстанції системи напругою 10 кВ, що знаходиться на відстані 2000 м від підприємства. Для даного підприємства була обрана радіальна схема електропостачання напругою 10 кВ, оскільки ЦТП розміщені в різних напрямках від ЦРП.

Для мережі підприємства буде задіяна магістральна схем вислання ЦТП, а самі кабельні лінії, що живлять ТП, будуть прокладенні в землі для підвищення надійності електропостачання.

Згідно умов вибору та перевірки усе електрообладнання мережі необхідно вибирати по номінальним та допустимим параметрам, а також обладнання повинно проходити перевірки для роботи в режимах перенавантаження, в аварійному та післяаварійного режимів роботи.

Для постачання потужності до ЦРП від енергопостачальної підстанції буде використано кабельну лінію типу АПвЭБВ-10, задіяна кабельна лінія має ізоляцію із зшитого поліетилену та броньовану оболонку з ПВХ. Кабельні лінії будуть прокладені поруч в схемі “трикутник” в землі для надійнішого електропостачання. Переріз кабелів необхідно здійснити за допомогою величини допустимого струму, який протікає по лінії живлення.

Перевірка на дію розрахункового струму на кабель який живить ЦРП:

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

$$28,32 \text{ (A)} \leq 1,03 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 140 = 138,48 \text{ (A)}$$

де k_1 - поправочний коефіцієнт (ПК), що дає змогу врахувати вплив температури середовища в якому здійснюється прокладка кабелю;

k_2 - ПК який враховує глибину прокладання кабелю в ґрунті;

k_3 - ПК який враховує тепловий опір ґрунту;

k_4 - ПК який враховує відстань між фазами кабелів;

k_5 - ПК який враховує вплив прокладених поруч інших кабельних ліній;

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

Для живлення ЦРП вибираємо кабель АПвЭБВ-10 перерізом $3 \times 50 \text{ мм}^2$ з $I_{\text{доп}} = 140 \text{ А}$ [26]. Для всіх інших приєднань кабелі вибираємо аналогічно і заносимо результати в таблицю 2.1.

Згідно із ПУЕ [1] всі електричні апарати вибирають за характером установлення, номінальним струмом та напругою, а також перевіряють їх на термічну і динамічну стійкість.

Під час вибору автоматичних високовольтних силових вимикачів необхідно враховувати напругу та величину струму місця встановлення. Також для АВ в обов'язковому порядку проводиться перевірка на дію струмів КЗ та термічну дію струмів КЗ та швидкість спрацювання в аварійних режимах роботи.

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

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

Визначимо I_{max} для нормального та післяаварійного режиму:

а) ТП1:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{242,89}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 14,1 \text{ (А)},$$

а) ТП2:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{271,81}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 15,69 \text{ (А)},$$

$$I_{\text{max}} = \frac{1,3 \cdot S_{\text{н.т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{1,3 \cdot 400}{\sqrt{3} \cdot 10} = 30 \text{ (А)},$$

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

Таблиця 2.1 Вибір високовольтного обладнання СЕП

Лінія	I_p, A	$I_{па}, A$	Вимикач	$I_{ном}, A$	Провідник	$S, мм^2$	$I_{доп}, A$
С-ЦРП	28,32	30	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×50	140
ЦРП-ТП-1	14,1	30	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×25	119
ЦРП-ТП-2	15,69	30	ВБЭ-М-10-20/630 УЗ	630	АПвЭБВ-10	3×25	119

2.4 Оптимізація і моделювання вибору місця розташування ЦРП

Для виконання задачі по оптимальному виборі місця розташування ЦРП на території підприємства необхідно скористатися величиною річних приведених затрат для спорудження, експлуатації та обслуговування ЦРП. Для оптимального варіанту дана величина повинна бути мінімальною із можливих.

Місце на генплані якому при розміщенню в ньому ЦРП характерні мінімальні затрати в СЕП являється – електричним центром мережі (ЕЦМ).

При встановлені ЦРП в ЦЕН, або не по далеку від нього досягаються мінімальні затрати.

Оптимальне розташування ЦРП також залежить від розташування інших об'єктів на території підприємства: споруд, доріг, дерев та інше. Також необхідно мінімізувати перетоки потужності, так як це зменшить величину втрат. Дану задачу доцільно виконувати накресливши на генплані підприємства картограму електричних навантажень цехів.

Математична модель, яка дає змогу знайти оптимальне місце розташування ЦРП на території підприємства має наступний вигляд:

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

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

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

I – струм окремої лінії;

B_0 - питома вартість втрат активної потужності грн/кВт;

E_a - Коефіцієнт відрахувань на амортизацію;

E_e - коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$k_{ж}$ - кількість кабелів живлячої лінії;

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

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

F_i - переріз i -тої кабельної лінії;

a – складова питомої вартості КЛ на 1км, яка не залежить від перерізу;

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

$L_{ж}$ - довжина живлячої лінії км;

L_i - довжина i -тої розподільної лінії;

Причому довжина лінії живлення визначається за такими формулами:

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

$$L_i = |X_0 - X| + |Y_0 - Y| \text{ - для неевклідової метрики.}$$

$X_0; Y_0$ - координати центру мережі;

$X_{\min}; Y_{\min}$ - мінімальні координати на генплані, за якими не можна розташовувати ЦМ по осі X та Y відповідно;

$X_{\max}; Y_{\max}$ - максимальні координати на генплані, за якими не можна розташовувати ЦМ по осі X та Y відповідно;

На рисунку 2.5 показана таблична форма в якій автоматизовано процес вибору ЦМ за мінімумом річних приведених затрат.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Технічні характеристики мережі											
2	Напруга зовнішньої лінії живлення, кВ									Uж=	10	
3	Метрика зовнішньої лінії (Е чи НЕ)									МетрикаЖ =	НЕ	
4	Метрика розподільної мережі (Е чи НЕ)									МетрикаР =	НЕ	
5												
6	Економічні характеристики мережі											
7	Питомі втрати, які не залежать від перерізу КЛ 10кВ, тис.грн/км									a=	10	
8	Питомі втрати, які не залежать від перерізу зовнішньої КЛ тис.грн/км									аж=	8	
9	Питома вартість втрат, грн/кВт									Во=	5622,72	
10	Коефіцієнт ефективності капіталовкладень									Ее=	0,1	
11	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію									Еа=	4,00%	
12	Коефіцієнт відрахувань на амортизацію живлячої лінії									Еаж=	5,00%	
13												
14												
15	Ліній живлення	X, м	Y, м	F, мм ²	k	P, кВт	Q, кВт	I, А	Ro, Ом/км	Ko, т.грн/км	L, м	З, тис. грн
16	ЖЛ	86	37	70	1	367,67	364,07	29,87	0,443	113,62725	39,00	0,972
17	ТП1	44	47	50	1	175,62	186,04	14,77	0,62	83,0835	13,00	0,199
18	ТП2	57	74	50	1	209,12	194,69	16,50	0,62	83,0835	27,00	0,429
19												
20	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											1,5994
21	Оптимальні координати ЦЕМ, м									Xo = 57	Yo = 47	
22												
23	Координати ЦЕМ на генплані, м									Xo = 57	Yo = 47	
24	Сумарні річні приведені затрати в мережу, тис.грн.											1,5464

Рисунок 2.5 – Таблична форма визначення центру мережі

Таким чином, за результатом розрахунку ми отримали координати у яких встановлення ЦРП забезпечило б мінімальні річні приведені затрати для всієї мережі.

Згідно генплану підприємства (рисунок 1.1), координати розміщення ЦРП (x=57 м; y=47 м).

Для чіткого представлення розподілення навантажень по території підприємства побудуємо картограму електричних навантажень [12]. Картограма електричних навантажень – це схематичний генплан підприємства, в якому на площі окремих об'єктів наносяться навантаження з підрозділом за характером (силове, освітлювальне) у вигляді кіл, радіус яких визначається за формулою:

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

Сектор освітлювального навантаження цеху складає:

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

Розрахунки для всіх цехів здійснимо за допомогою Microsoft Office Excel, а результати зводимо до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Назва цеху	P_{PO} , кВт	P_p , кВт	r , м	α_i , °
1	Склад готової продукції	2,57	41,07	16,2	22,5
2	Склад висівок	3,42	69,42	21	17,74
3	Майстерня	2,62	19,12	11	49,4
4	Вальцевий парк	9,19	72,19	21,4	45,81
5	Бункера	2,00	29,00	13,6	24,78
6	Вагова автомобільна	2,92	27,42	13,2	38,29
7	Вагова	2,72	37,72	15,5	25,97
8	Склад накопичення	1,43	26,18	12,9	19,61
9	Адміністративна будівля	4,55	29,30	13,7	55,95
10	Прохідна	3,25	7,10	6,73	164,9
11	Транспортер	1,92	19,42	11,1	35,67

Генплан підприємства з розміщення ЦРП та ТПІ приведений на рисунку 2.6.

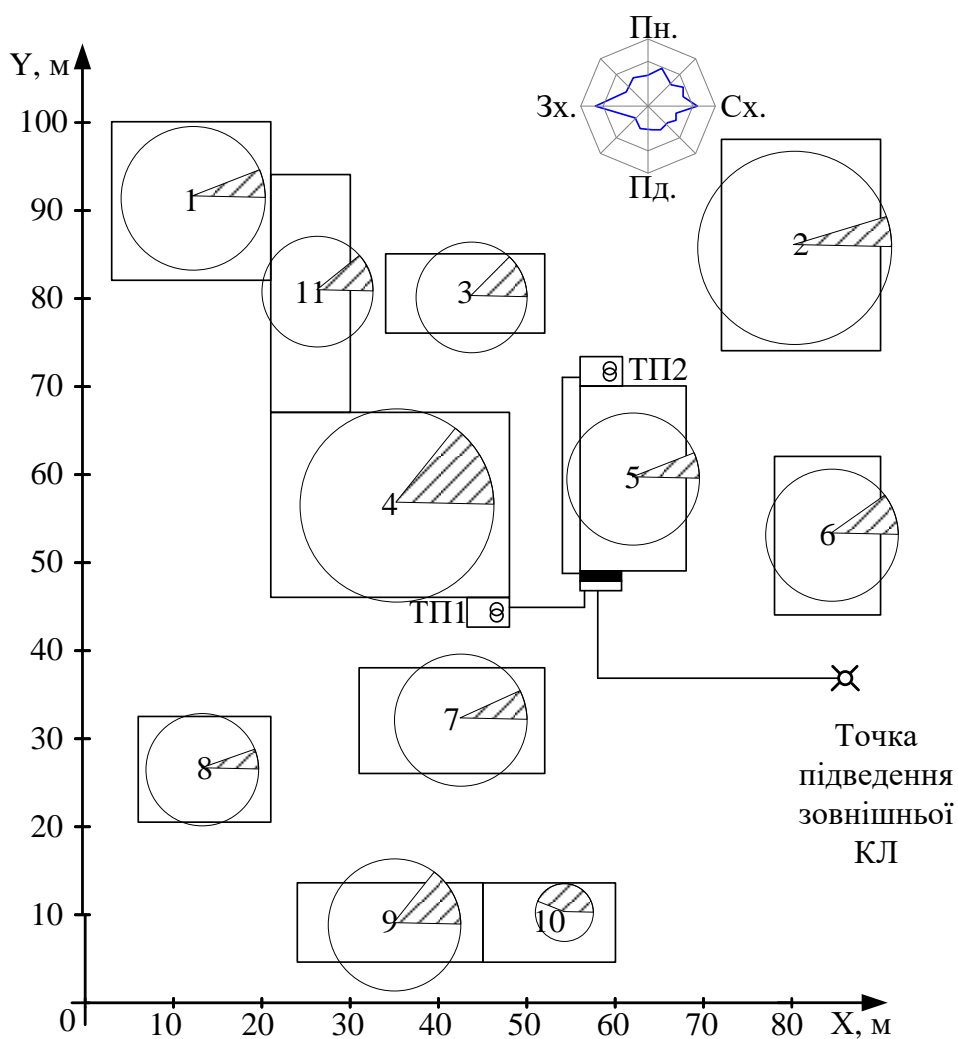


Рисунок 2.6 – Розміщення ЦРП та ЦТП

В даному розділі розраховано оптимальні координати розміщення ЦРП за критерієм мінімуму затрат в СЕП. Побудовано картограму електричних навантажень. Координати розміщення ЦРП: $X_0 = 57$ м та $Y_0 = 47$ м.

2.5 Оптимальна компенсація реактивної потужності

Для покращення показників якості електричної енергії в мережі підприємства доцільно використати батареї статичних конденсаторів які будуть встановлені у вузлах навантаження трансформаторних підстанцій.

Компенсація реактивної потужності - шлях до зменшення втрат в системі електропостачання великих і малих промислових підприємств і її повною мірою можна віднести до енергозберігаючих технологій.

Для виконання даної задачі необхідно виконати ефективний перерозподіл вхідного реактивного навантаження між усіма трансформаторними підстанціями системи підприємства.

Для розрахунку балансовою задачі КРП складаємо однолінійну схему представлену на рисунку 2.7, та схему заміщення мережі підприємства рисунок 2.8.

В математичній моделі нехтуємо величиною втрат зумовлених реактивною потужністю в лінії яка живить ЦРП підприємства так, як дана величина є сталою для усіх вузлів мережі.

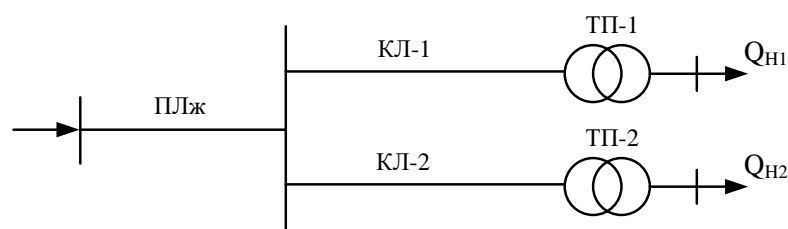


Рисунок 2.7 – Однолінійна схема електропостачання

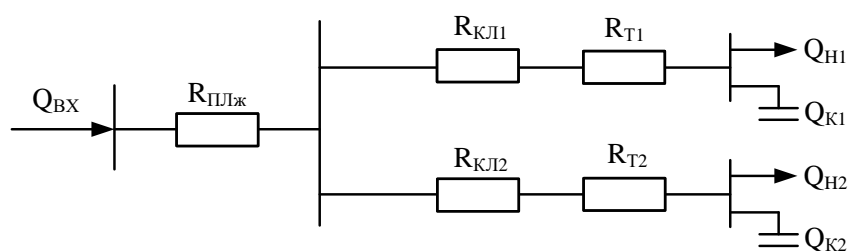


Рисунок 2.8 – Схема заміщення мережі електропостачання підприємства

Для рішення балансової задачі оптимальної КРП використовуємо наступну математичну модель [8]:

$$\begin{cases} Z(Q_k) = \frac{B_0}{U^2} \times \sum_{i=1}^n [(Q_{Hi} - Q_{Ki})^2 (R_{KLi} + R_{Ti})] \rightarrow \min_{Q_k}; \\ Q_{Ki} \geq 0, i=1, 2, \dots, n; \\ \sum_{i=1}^n Q_{Ki} = \sum_{i=1}^n Q_{Hi} - Q_{BX} \end{cases} \quad (2.36)$$

Для даної математичної моделі керовані змінні – потужність батарей у вузлах навантаження $q_k = (q_{k1}, q_{k2}, \dots, q_{kn})$.

де B_0 – питома вартість втрат активної потужності;

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

n – кількість ЦТП;

Q_{Hi} – реактивне навантаження окремої лінії живлення i -тої ЦТП;

Q_{Ki} – потужність КУ окремої секції шин НН i -тої ЦТП;

$R_{KLi} = r_{oKLi} \cdot L_{KLi}$ – активний опір окремої лінії;

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

Q_{BX} – вхідна реактивна потужність.

Розрахунок буде проведений на листі САПР MathCad. Створена математична модель на робочому листі MathCad згідно (2.34) представлена на рисунку 2.9.

Результат розрахунку показав що на ЗАТ «Вінниця-млин» оптимально використати конденсаторні установки типу УКР-0,4 для кожного вузла відповідної потужності [9]: ЦТП1: 1 КУ типу УКР 0,4-125/25; ЦТП2: 1 КУ типу УКР 0,4-150/50.

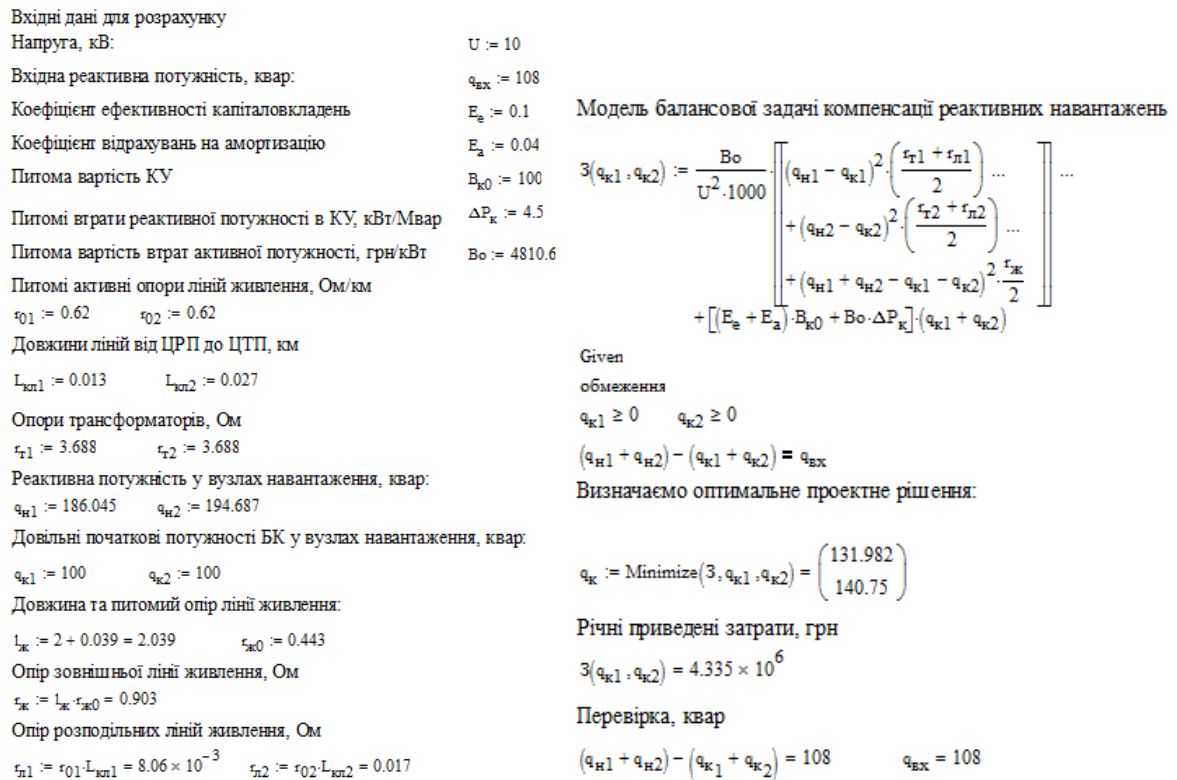


Рисунок 2.9 – Вигляд розрахунку задачі КРН в середовищі MathCad

Висновки.

Аналіз системи електропостачання підприємства ЗАТ «Вінниця-млин» показав що для оптимізації процесу електроспоживання доцільно виконати наступні проектні рішення:

- кількість трансформаторних підстанції для оптимального електропостачання повинна бути рівна двом, а потужність та тип трансформаторів ТМ 400/10;
- переріз зовнішньої кабельної лінії повинен бути 3x50 мм², кабельні лінії виконані кабелем типу АПвЭБВ-10 на напрузі 10кВ. Для живлення ТП оптимальним рішенням буде використання кабелів типу АПвЭБВ-10 з перерізом ліній 3x25 мм²;
- також в даному розділі був проведений аналіз та вибір типу засобів захисту електрообладнання в аварійних режимах роботи.

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

3 ОПТИМІЗІЦІЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ УСУНЕННЯ ВИЩИХ ГАМОНІК АКТИВНИМ СИЛОВИМ ФІЛЬТРОМ

3.1 Аналіз використання АСФ для усунення вищих гармонік

Останнім часом, активний розвиток і масове використання систем силової електроніки, таких як напівпровідникових випрямлячів, імпульсних перетворювачів енергії, регуляторів змінного струму, перетворювачів частоти, вивело на передній план проблему якості електроенергії в розподільних мережах. Дані пристрої, із за нелінійного характеру свого навантаження значно спотворюють синусоїду струму в розподільчій мережі, що призводить до зростання втрат при передачі, перетворенні і споживанні електроенергії, додатковому нагріванню елементів розподільчої мережі, прискореного старіння ізоляції, появи струмів, що перевищують допустимі норми в нульовому проводі [28]. Для усунення даного шкідливого явища застосовують активні силові фільтри (АСФ), які компенсують спотворення, що вносяться в мережу нелінійним навантаженням [29,30]. Існують різні варіанти виконання АСФ, але найбільш поширений по застосуванню з них це паралельний трифазний трехпровідний АСФ. Блок-схема такого фільтра представлена на рисунку 3.1.

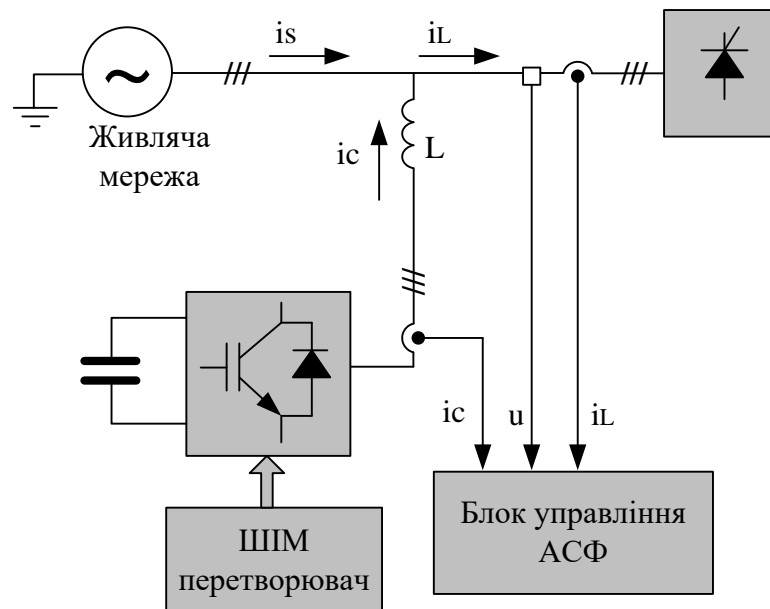


Рисунок 3.1 – Узагальнена структурна схема паралельного АСФ

Активний фільтр конструктивно складається з двох основних систем: управління та силової (виконавчої). Силова система фільтра складається з трьохфазного напівпровідникового моста на основі IGBT-транзисторів. Також бувають і інші конфігурації повністю керованих елементів.

Робота активного фільтра базується на принципі аналізу гармонік струму нелінійного споживаного навантаження та протилежні йому генерації гармонік струму, що компенсують негативні величини.

При чому значення струм навантаження містить у собі основну i_1 і вищі i_n гармоніки.

$$i_n = \sum_{n=1}^{\infty} I_{mn} \sin(n\omega t - \varphi_{in}). \quad (3.1)$$

Активний фільтр містить протифазні значення струму щодо гармоніки навантаження мережі:

$$i_\phi(t) = -\sum_{n \geq 2}^{\infty} I_{mn} \sin(n\omega t - \varphi_{in}). \quad (3.2)$$

У результаті струм, споживаний від джерела i_C . Даний струм містить лише одну складову гармоніки та має майже синусоїдальну форму електричного навантаження у часі:

$$i_C(t) = i_n(t) - i_\phi(t) = I_{mn} \sin(\omega t - \varphi_{i1}). \quad (3.3)$$

При такій роботі активним фільтром покривається практично весь діапазон величин вищих гармонік, а джерело живлення генерує тільки основну гармонічну складову струму.

На схемі (рисунок 3.2) основою АСФ є мостові трифазні інвертори напруги АФ1 і АФ2, об'єднані загальним ємнісним накопичувачем C_d . Трансформатори Т1 і Т2 забезпечують також гальванічну розв'язку ланцюгів АСФ і високовольтної мережі.

При необхідності збільшення напруги на навантаженні активна потужність буде передаватися від інверторного моста АФ1 до інверторного мосту АФ2, так що напруга АФ, а з ним і напруга на навантаженні будуть збільшуватися. При необхідності зменшення напруги на навантаженні активна потужність буде

передаватися від інверторного моста АФ2 до інверторного мосту АФ1 так, що напруга АФ, а з ним і напруга на навантаженні будуть зменшуватися. Таким чином, послідовний АСФ на базі інверторного моста АФ1 буде забезпечувати не тільки синусоїдальність напруги на навантаженні, але і стабілізацію її при коливаннях напруги в мережі і при зміні напруги навантаження [29]. При цьому амплітудне і діюче значення напруги АФ будуть визначатися коефіцієнтом передачі трансформатора Т2 і дією імпульсів напруги U_d , що формуються мостовим інвертором АФ1 в процесі формування напруги АФ за допомогою широтно-імпульсної модуляції.

Послідовний АСФ, впливаючи на мережу через трансформатор Т1, забезпечує синусоїдальність і стабільність трифазної напруги, що живить навантаження, а паралельний АСФ, підключений до шин споживача за допомогою трансформатора Т2, використовується для фільтрації вищих гармонік струму навантаження і компенсації реактивної потужності навантаження. Обмін активною потужністю між послідовним і паралельним АСФ (а за допомогою такого обміну вирішується завдання стабілізації напруги навантаження) проводиться через загальний ємнісний накопичувач Сd.

В даній схемі конденсатор С призначений для енергообміну та виконує компенсацію струму в необхідній близькості до нелінійного навантаження. Це допомагає одержати струм, викликаний вищими гармоніками, який не буде в свою чергу споживатися від джерела e_a, e_b, e_c .

Зі сторони постійного струму на конденсаторній установці необхідно забезпечити напругу для якої характерні мінімальні пульсації і при цьому достатньою для роботи елементів компенсації струму АФГ [31].

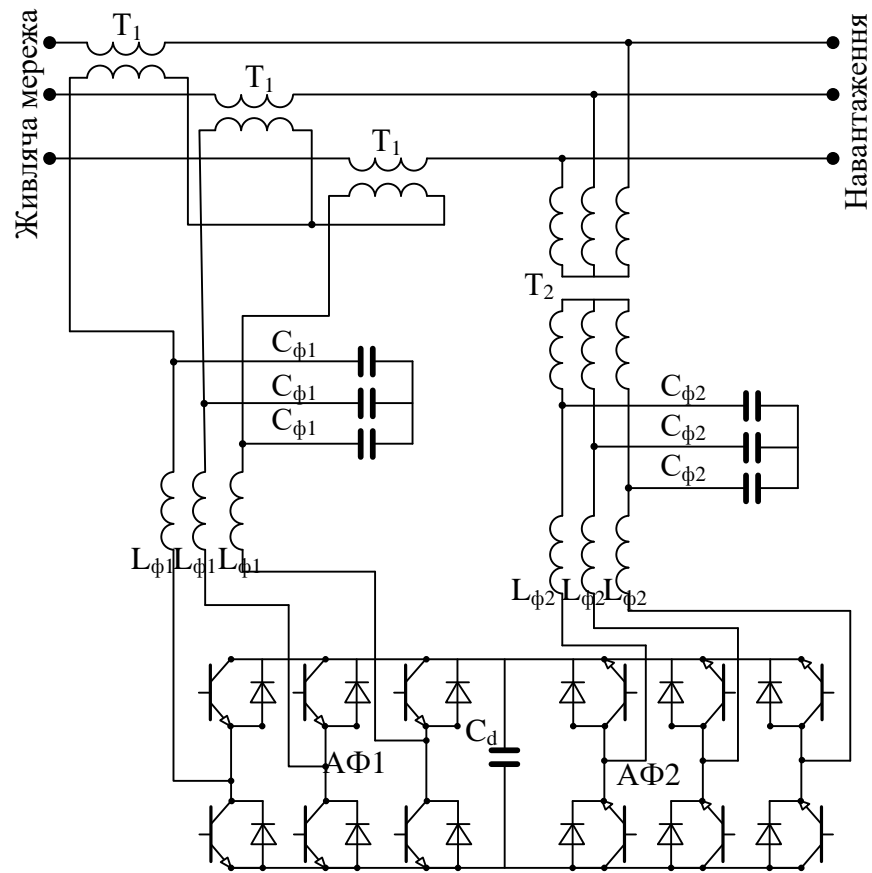


Рисунок 3.2 – Трифазна схема послідовно-паралельного включення АСФ

У симетричній системі електропостачання діють напруги, для яких справедливо:

$$e_a + e_b + e_c = 0. \quad (3.4)$$

Значення струм мережі:

$$i_{ca} + i_{cb} + i_{cc} = 0. \quad (3.5)$$

Роботу АСФ можна представити за допомогою системи диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} L_a \frac{di_a}{dt} = U_a - u_a, \\ L_b \frac{di_b}{dt} = U_b - u_b, \\ L_c \frac{di_c}{dt} = U_c - u_c. \end{cases} \quad (3.6)$$

де u_a, u_b, u_c – напруги на виході АСФ, які рівні: $u_a=k_a U_c, u_b=k_b U_c, u_c=k_c U_c$, де k_a, k_b, k_c – коефіцієнт частоти перемикавання.

$k_a + k_b + k_c = 0$ для будь-якого k . Величини вхідних напруг АСФ при цьому відповідають діючим нормам до системи трифазних симетричних напруг.

Переключення комутатора в АСФ формується за значенням i_a в даний момент оботи. При такій роботі АСФ величина похибки між розрахованим та фактичним струмами буде знижена, що дасть змогу максимально наблизити значення компенсаційного струму до розрахункового.

Для силової підсистеми при $k = 5$, тоді струм фази А і фази С повинен зменшуватися, а у фазі В збільшуватися. Ключ V1 фази А, ключ V5 фази С і ключ V6 фази В - замкнуті. Коефіцієнт перемикавання кожного плеча моста може бути врахований з таблиці 1: $k_a=1/3, k_b=-2/3, k_c=1/3$. Тоді (3.6) можна записати як:

$$\begin{cases} L_a \frac{di_a}{dt} = U_a - \frac{1}{3} U_{dc}, \\ L_b \frac{di_b}{dt} = U_b + \frac{2}{3} U_{dc}, \\ L_c \frac{di_c}{dt} = U_c - \frac{1}{3} U_{dc}. \end{cases} \quad (3.7)$$

Керовані струми i_a, i_c необхідно зменшуватися, а i_b необхідно збільшувати.

Для диференціальних струмів АСФ повинна виконуватися нерівність:

$$\frac{di}{dt_a} \leq 0, \frac{di}{dt_b} \geq 0, \frac{di}{dt_c} \leq 0.$$

3.2 Розробка цифрової моделі АСФ в MATLAB Simulink

За допомогою програми Matlab створюємо Simulink модель АСФ, яка буде містити в собі джерело нелінійного навантаження та активний силовий фільтр. Модель представлена на рисунку 3.3 [32].

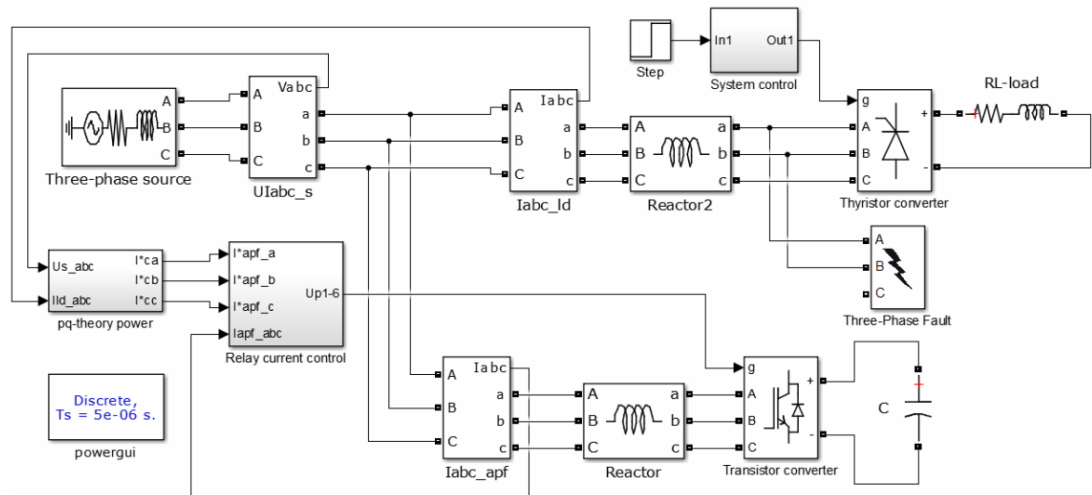


Рисунок 3.3- Matlab Simulink модель СЕП з тріфазним АСФ

Система містить наступні основні елементи:

- Основне джерело живлення, що складається з трьох однофазних джерел наруги 220В/50 Гц.

- два нелінійні набори навантаження з'єднанні в одне спільне навантаження.

Для початку моделювання одне із навантажень буде підключене, а друге навантаження буде з'єднане із незбалансованим після 0,6 с початку роботи першого. Для моделювання були обрані нелінійні навантаження параметри яких представлені у таблиці 3.1.

Відмінно від першого друге навантаження являється незбалансованим. До його складу входять три неконтрольовані діодні випрямлячі. Робота кожної із фаз здійснюється окремо.

Пасивні і активні компоненти моделі, а також датчики струмів і напруг реалізовані з використанням базових елементів середовища математичного моделювання Matlab Simulink [34].

Таблиця 3.1- Обрані параметри для моделювання для семеричного нелінійного навантаження

R	30 Ом
L	30 мГн

Для роботи силового активного фільтра в системі електропостачання підприємства спроектовано модифіковану математичну модель з наявними в її системі перетворювача частоти рисунок 3.4.

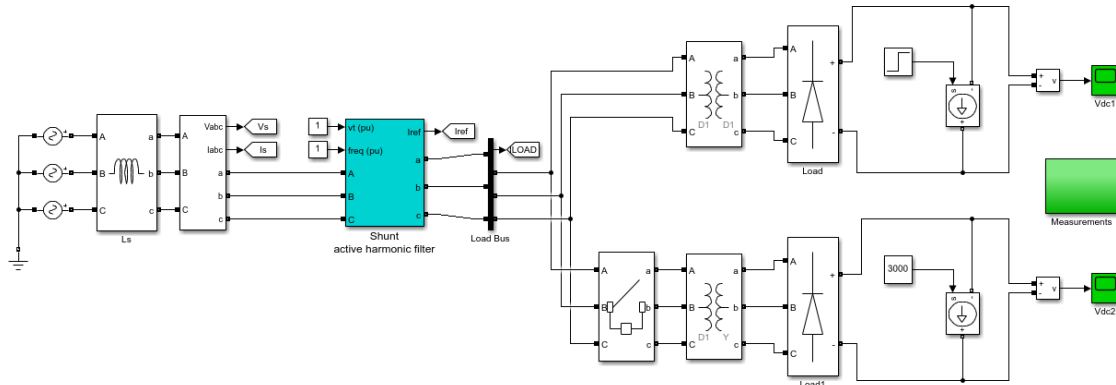


Рисунок 3.4 – Математична модель АСФ реалізована в Matlab Simulink

Блок який формує сигнал спеціальної форми виконаний за простою схемою конфігурації та при цьому дає змогу високої точності регулювання. Змінюючи величину даного сигналу системою управління дає змогу реалізувати кілька алгоритмів управління змінним навантаженням.

Блок-схема системи управління, що реалізує спосіб виділення активних і реактивних компонент струму представлена на рисунку 3.5.

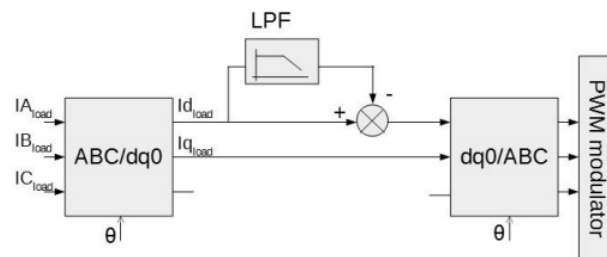


Рисунок 3.5 – Система управління АСФ

Блок ABC/dq0 послідовно здійснює перетворення Е.Кларка і Парка-Горєва, тобто перехід до ортогональної системі координат, синхронної з напругою мережі живлення. Синхронізація здійснюється за допомогою системи фазового автопідстроювання частоти (PLL) [8,9]. При цьому проєкції вектора струму навантаження на осі d і q являють собою активну і реактивну його складові.

Для перевірки ефективності роботи отриманої моделі АСФ та його системи управління були змодельовані різні режими навантаження, а також проведена оцінка якості фільтрації кривої струму.

3.3 Моделювання основних режимів роботи активного силового фільтра

При проведенні симуляції було отримано графік струмів та напруг, які генерували нелінійні і несиметричні навантаження в мережу.

Графік струмів нелінійного навантаження під час роботи моделі в режимі перенавантаження та перевищення величин максимальних робочих струмів приведені на рисунку 3.6.

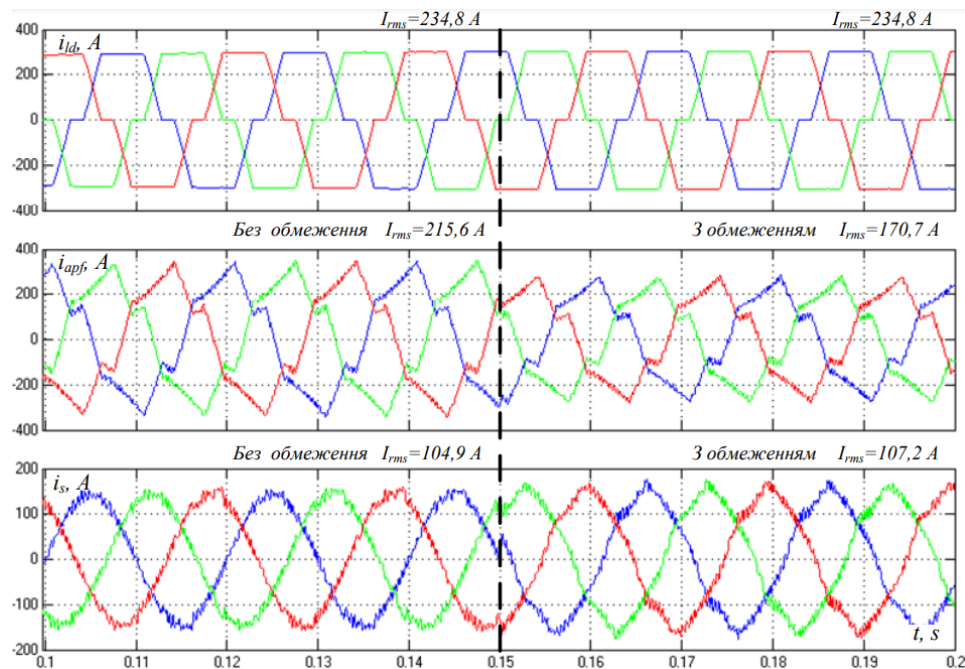


Рисунок 3.6- Осцилограми струму навантаження, поточного струму АСФ та струму мережі "без" та "з" обмеженням за максимальним значенням струму

Дослідження КЗ виконано шляхом імітації міжфазного короткого замикання двох фаз на землю у вузлі навантаження.

Реалізація умов режиму короткого замикання передбачає порушення роботи блоку системи (pq-theory power control), результатом чого є падіння величини

напруги мережі. При цьому АСФ продовжує забезпечувати компенсацію струму навантаження, та обмеження струму на інтервалі 0,1-0,15 с.

На рисунку 3.7 зображено осцилограми струму навантаження, поточного струму САФ та струму мережі в режимі КЗ "з" обмеженням та "без" обмеження за максимальним значенням струму.

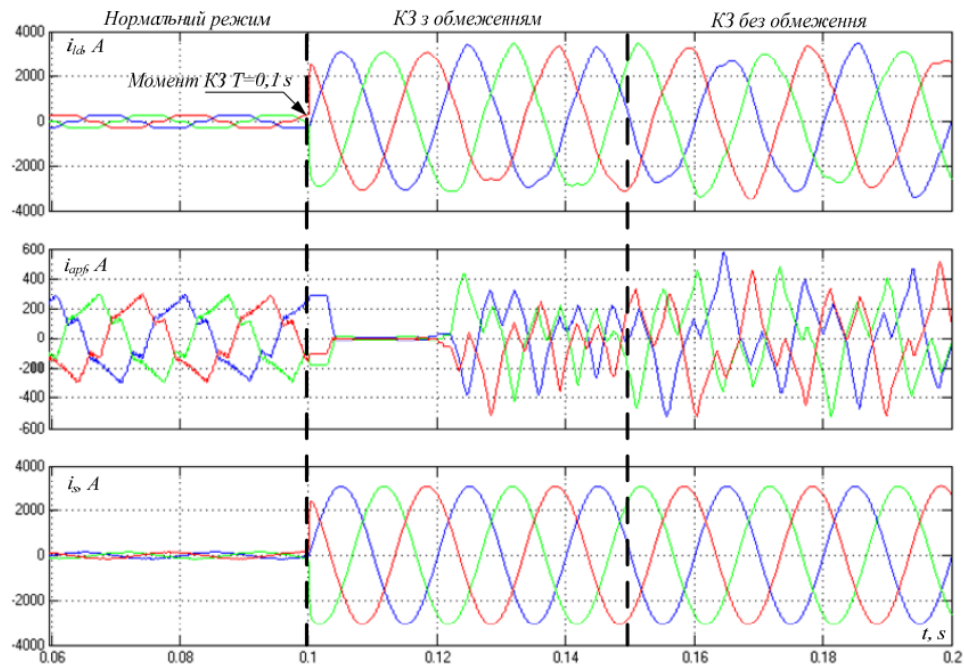


Рисунок 3.7 – Осцилограми струму навантаження, поточного струму САФ та струму мережі в режимі КЗ "з" обмеженням та "без" обмеження за максимальним значенням струму

Результати моделювання вказують на те, що величина гармонійної складової мережі підприємства від застосування САФ набуває значення 4,13% зменшуючись з 26,43%. Що допомагає суттєво розвантажити СЕП і покращити показники якості електроенергії (рисунок 3.8).

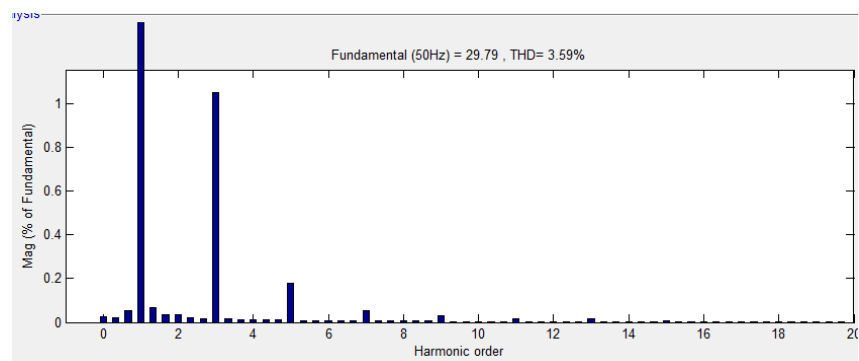


Рисунок 3.8 – Графік гармонічних складових струму

Проведене дослідження показує, що розглянутий алгоритм управління активним фільтром, заснований на застосуванні пошукової оптимізації спільно з візуальної моделлю системи електропостачання, дозволяє визначити квазіустоявчих режимів системи і вийти на оптимальний режим повної компенсації всіх складових реактивної потужності при живленні навантаження з вищими гармоніками. При цьому представляється можливим сформулювати цільову функцію з дискретних значень напруги на живлячому конденсаторі, а в якості змінних оптимізації використовувати амплітуду еталонного синусоїдального сигналу для запропонованої системи управління і початкове значення напруги на живлячому конденсаторі. Введення в вираз для цільової функції параметра стабілізації напруги на живлячому конденсаторі дозволяє також задати нормований рівень перевищення напруги на конденсаторі над амплітудою лінійної напруги мережі, забезпечивши тим самим потрібний напрямок потоку потужності від фільтра до мережі. Реалізація запропонованої моделі дозволяє захистити силову частину АСФ у разі аварійних режимів перевантаження та короткого замикання, та забезпечує автоматичне поновлення нормального режиму роботи АСФ після усунення аварійних режимів системою протиаварійної автоматики.

Висновки. Використання АСФ дасть змогу значно покращити якість електроенергії в мережі підприємства. Також робота АСФ в мережі підприємства сприяє зменшенню нелінійності навантаження. АСФ допомагає зменшити несинусоїдальність струму, яка зумовлена нелінійним навантаженням, а головне, максимально зменшує величину вищих гармонік струму. Що дозволяє забезпечувати якість електроенергії, яка відповідає зазначеним нормам.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування проекту полягає в проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [10].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

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

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції $B = 93$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 64$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{Пл}$, грн./рік;
- питома заробітня плата в собівартості продукції $d = 10\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 295$ млн.грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 4723$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{Пл} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 4723 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,057 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{Пл}}{d} = \frac{1,38 \cdot 73 \cdot 0,057}{0,1} = 53,392 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$П = B - C = 93 - 53,392 = 39,608 \text{ (млн..грн./рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{295}{39,608} = 7,45 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 9,7 < T_{\text{ок}} = 10. \text{ (років).}$$

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

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

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

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-400	1	242,892
ТП 2	ТМ-400	1	271,816

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ЦРП, м	Марка кабелю	К-сть
ЦРП - ТП1	13	АПвЭБВ-10 3х25	1
ЦРП - ТП2	27	АПвЭБВ-10 3х25	1

Рекомендації до виконання:

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

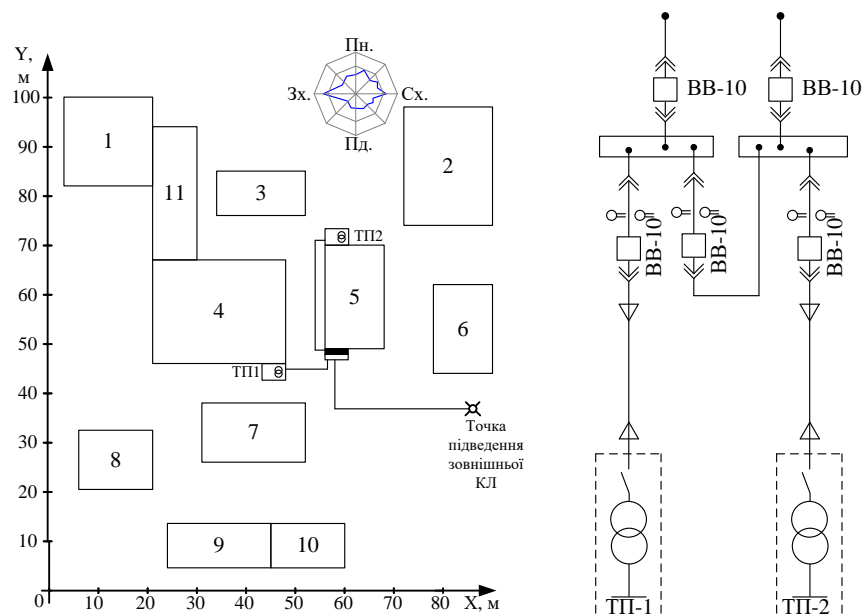


Рисунок 4.1 – Схема електропостачання підприємства

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та їх прокладання, які наведені в табл. 4.4 і табл.4.5 [10].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

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

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

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

L - довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ЦРП до ТП1 (АПВЭБВ 3х25) в ґрунті II категорії без врахування переходів:

$$K_{\text{л1}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L = (103,57 \cdot 1 + 3,53) \cdot 0,013 = 1,39 \text{ (тис.грн).}$$

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

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	Кл, тис.грн
ЦРП-ТП1	АПВЭБВ-10 3х25	1	0,013	103,57	3,53	1,39
ЦРП-ТП2	АПВЭБВ-10 3х25	1	0,027	103,57	3,53	2,89
Разом						4,28

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть:

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

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

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

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

$$K_{\text{пс1}} = 126,49 + 25,3 = 151,785 \text{ (тис.грн),}$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМ-400	1	126,49	25,30	151,79
КТП-2	ТМ-400	1	126,49	25,30	151,79
Разом:					303,57

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 5 шт.. Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною (50–65) тис. грн.. Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 5 \cdot 50 = 250 \text{ (тис. грн.)}, \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{пс} = 303,57 + 250 = 553,57 \text{ (тис.грн.)}, \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 4,28 + 553,57 = 557,85 \text{ (тис.грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

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

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

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

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

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

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до таблиці 3.6.

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

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

де 12 – кількість місяців у році;

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

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

h – кількість обладнання в групі.

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

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	n, шт	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю обладнання рем/рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудомісткість люд.-год.	К-сть на одиницю обладнання огл./рік	Норма трудомісткості люд.-год.	Заг. трудомісткість люд.-год.
Вимикач 10кВ	5	1	16	80	12	1	60
ТМ-400	2	0,33	100	66	12	20	480
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0,04	1	46	1,84	1	11,5	0,46
Разом:				147,84			540,46

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-сть, шт.	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.-год.
		Змінність роботи	Коеф. склад. ремонтів К _{ср}	К-сть місяців в році	Загал. трудомісткість люд.-год.	
Вимикач 10кВ	5	2	0,1	12	192	252
ТМ-400	2	2	0,1	12	480	960
Кабельна лінія 35 мм ² , км	0,04	2	0,1	12	4,416	4,876
Разом:					676,416	1216,876

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{1216,876}{1900 \cdot 1,05} = 0,61. \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{тр}} = \frac{147,84}{1900 \cdot 1,1} = 0,07. \quad (4.13)$$

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

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

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

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

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

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

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

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

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

$$C_1 = 4723 \cdot 1 / 176 = 26,84 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

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

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 32,873 \cdot 1900 = 112426,85 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

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

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

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

де К4, К5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [10].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

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

$$\Phi_p = 147,84 \cdot 35,29 = 5217,03 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

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

0.01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0.05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α - частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oc} = 112426,18 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 141656,99 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 5217,03 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 6834,3 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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

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

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

$$\Phi_{орд} = 6834,3 \cdot 1,15 = 7859,45 \text{ (грн./рік)}.$$

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

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

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

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

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

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 4\%$.

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 162905,54 \cdot \left(1 + \frac{33,3+1,5+1,5}{100}\right) = 219922,48 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 7859,45 \cdot \left(1 + \frac{33,3+1,5+1,5}{100}\right) = 10610,26 \text{ (грн./рік)}.$$

3.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок трудомісткості спрощується при виконанні його в табличній формі. Оскільки вартість конкретного виду матеріалу можна визначити як добуток норми його витрат на ціну, то доцільно по кожному виду устаткування і мереж визначити підсумкову вартість усіх матеріалів, а потім її помножити на трудомісткість поточного ремонту чи технологічного обслуговування.

Необхідні дані для розрахунку беремо з [10], результати розрахунків заносимо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. На 100 люд.-год. Трудомісткості ремонту і тех. Обслуговування				Вартість матеріалу, грн.			
		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Силові трансформатори		1000	1600	2500	10000	1000	1600	2500	10000
Сталь сортова, кг	7,5	6	7	7	10	44,95	52,44	52,44	74,91
Провід установлюваний, м	3,1	0,5	0,5	0,5	0,5	1,55	1,55	1,55	1,55
Мідь-алюміній (гола), кг	69,8	62	73	73	79	4324,50	5091,75	5091,75	5510,25
Картон електроізоляційний, кг	33,6	1,4	1,6	1,6	1,7	47,08	53,81	53,81	57,17
Лакотканина (ширина 700мм), м	93,3	0,2	0,21	0,21	0,3	18,65	19,59	19,59	27,98
Кабельний папір, кг	27,5	0,6	0,6	0,6	0,6	16,50	16,50	16,50	16,50
Стрічка кіперна, кг	336,3	40	41	41	42	13452,00	13788,30	13788,30	14124,60
Стрічка тафтяна, кг	249,8	18	24	24	28	4497,12	5996,16	5996,16	6995,52
Стрічка азбестова, м	7,4	0,05	0,08	0,08	0,09	0,37	0,59	0,59	0,66
Лаки ізоляційні, кг	40,2	1,5	1,6	1,6	1,8	60,35	64,37	64,37	72,41
Емалі ґрунтові, кг	44,1	2,5	3,1	3,1	3,2	110,33	136,80	136,80	141,22
Масло трансформаторне, кг	13,6	0,58	1,2	1,2	1,3	7,91	16,36	16,36	17,73
Бензин, кг	6,9	0,7	0,9	0,9	1	4,84	6,23	6,23	6,92
Розчиники кг	19,5	0,8	1	1	1,2	15,60	19,50	19,50	23,40

Продовження таблиці 3.7

Маслостійка гума, кг	50,0	0,4	0,5	0,5	0,6	20,00	25,01	25,01	30,01
Гума профільна, кг	50,0	0,13	0,09	0,09	0,09	6,50	4,50	4,50	4,50
Припій олов'яно-свинцевий, кг	476,1	0,02	0,02	0,02	-	9,52	9,52	9,52	-
Припій мідно-фосфорний, кг	88,5	0,03	0,03	0,03	-	2,66	2,66	2,66	-
Електроди, кг	16,4	0,15	0,2	0,2	0,3	2,47	3,29	3,29	4,93
Засоби кріплення, кг	20,9	2	2,5	2,5	3	41,88	52,35	52,35	62,82
Дріт кручений,	2,7	0,3	0,3	0,3	0,37	0,82	0,82	0,82	1,01
Матеріали обтиску, кг	27,3	0,4	0,5	0,5	0,5	10,91	13,64	13,64	13,64
Разом:						22696	25376	25376	27188
Кабельні лінії									
Сталь сортова, кг	7,5	2		15,0					
Електроди, кг	16,5	0,1		1,6					
Разом:						16,6			

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

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

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 14979,67$ (грн/рік);

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 217882,4$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

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

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

$$C_{обс} = 219922,48 + 217882,41 = 437804,89 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 10610,26 + 14979,67 = 25589,92 \text{ грн/рік.}$$

3.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

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

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 557854 = 33471,24 \text{ грн/рік.}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат виділяються інші витрати. Вони включають витрати на допоміжні матеріали, послуги виробничим підрозділам підприємства, частину загальнозаводських витрат. Їх можна приймати в розмірі 20 - 30% від суми витрат на обслуговування, поточний ремонт і амортизацію, тис. грн/рік:

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

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

$$C_{\text{іп}} = 0,25 \cdot (437804,89 + 25589,92 + 33471,24) = 124216,51 \text{ грн/рік.}$$

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	437804,89	70,49
Витрати на поточний ремонт	25589,92	4,12
Витрати на амортизацію	33471,24	5,39
Інші витрати	124216,51	20,00
Разом	621082,57	100

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

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

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Для прикладу визначимо річні витрати активної електроенергії для ливарного цеху:

$$E_{a1} = 41,208 \cdot 4000 = 164832 \text{ кВт год./ рік .}$$

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

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	Sp, кВА	Tm, год.	cos φ	Pp, кВт	Ea, кВт·год./рік
Склад готової продукції	2	53,99	4000	0,75	41,07	164264,320
Склад висівок	2	86,12	4000	0,8	69,42	277685,760
Майстерня	2	30,01	4000	0,6	19,12	76497,600
Вальцевий парк	2	113,78	4000	0,6	72,19	288741,600
Бункера	2	38,07	4000	0,75	29,00	115983,360
Вагова автомобільна	2	35,70	4000	0,75	27,42	109664,000
Вагова	2	49,49	4000	0,75	37,72	150886,400
Склад накопичення	2	34,48	4000	0,75	26,18	104702,400
Адміністративна будівля	2	37,74	4000	0,75	29,30	117217,710
Прохідна	2	8,57	4000	0,75	7,10	28412,650
Транспортер	2	28,82	4000	0,65	19,42	77698,240
Разом					377,939	1511754,040

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

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

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

τ – час максимальних втрат, год./рік.

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

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

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

Величина τ визначається за часом використання максимального навантаження:

$$\tau_{\text{м}} = \left(0,124 + \frac{T_{\text{м}}}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 2405,3 \text{ (год)}, \quad (4.34)$$

Для лінії ЦРП –ТП1: Струм лінії живлення:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}} = \frac{242,89}{\sqrt{3} \cdot 10} = 14,02 \text{ (А)}. \quad (4.35)$$

Активний опір однієї фази кабелю від ЦРП до ТП1.:

$$R = 0,013 \cdot 0,62 = 0,008 \text{ Ом.}$$

Відповідно втрати електроенергії в лінії ГПП-ТП1:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot 1 \cdot 14,02^2 \cdot 0,008 \cdot 2405,3 \cdot 10^{-3} = 11,437 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

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

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К-сть ліній	L, км	$I_{\text{м}}$, А	R, Ом	τ , год./рік	R _{пит} , Ом/км	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ЦРП-ТП-1	АПвЭБВ-10 3x25	1	0,013	14,02	0,008	2405,29	0,62	11,4372
ЦРП-ТП-2	АПвЭБВ-10 3x25	1	0,027	15,69	0,017	2405,29	0,62	29,7499
Разом								41,187

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

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.36)$$

де n - кількість трансформаторів;

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

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

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

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Відповідно втрати енергії в трансформаторах ТП-1:

$$\Delta E_T = 1 \cdot 0,95 \cdot 8760 + (1/1) \cdot 5,9 \cdot \left(\frac{400}{242,89} \right)^2 \cdot 2405,3 = 13554,61 \text{ (кВт·год/рік)}.$$

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

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_H , кВА	ΔE_T , кВт*год./рік
КТП-1	ТМ-400	1	0,95	5,9	242,89	400	13554,61
КТП-2	ТМ-400	1	0,95	5,9	271,82	400	14875,32
разом							28429,93

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

$$E = E_a + \Delta E_L + \Delta E_T; \quad (4.37)$$

$$E = 1511754,04 + 41,19 + 28429,83 = 1540225,15 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$П_1 = 2,33765 \cdot 1540225,15 = 3600507,33 \text{ (грн.)}; \quad (4.38)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

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

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

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

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

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

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

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

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

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

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

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

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

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

$$C_{\text{п}} = 437804,89 + 25589,92 + 33471,24 + 124216,51 = 621082,57 \text{ грн/рік.}$$

Отже, сумарні витрати визначаються так:

$$C_{\text{сум}} = 3600507,333 = 621082,57 = 4221589,9 \text{ (грн/рік).}$$

Отже, собівартість електроенергії

$$S = \frac{4221589,9 \cdot 100}{1511754,04} = 279,25 \text{ (коп./кВтгод.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в таблицю 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
К-сть корисно спожитої ел.енергії	Е _а	1511754,04	кВт·год.
Річне споживання ел.енергії із втратами	Е	1540225,15	кВт·год.
Плата за електроенергію	П ₁	3600507,333	грн.
Витрати на передачу і розподіл ел.ен.	С _п	621082,57	грн.
Сумарні витрати під-ва	С _{сум}	4221589,90	грн.
Собівартість ел.енергії	S	279,25	коп/кВт·год.

В даному розділі дипломної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП підприємства та розраховано собівартість електричної енергії.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В магістерській роботі оптимізується система електропостачання Закритого акціонерного товариства «Вінниця-млин». ЗАТ «Вінниця-млин» відноситься до підприємств з виробництва продовольчих товарів. В цехах передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Усі металеві неструмопровідні частини (корпуса електродвигунів, шаф, світильників, тощо), які можуть опинитися під напругою в наслідок пошкодження ізоляції, заземлюються шляхом приєднання до нульового проводу живлячої мережі.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які за ГОСТ 12.0.003-74 впливають на оперативно-ремонтних електротехнічний персонал, який обслуговує обладнання цеху з виробництва борошна:

- рухомі машини і механізми;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- вироби, заготовки, матеріали, що пересуваються;
- підвищена та знижена температура поверхонь обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та знижена рухомість повітря;
- підвищена та знижена вологість повітря;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечне значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутись через тіло людини;
- нестача природного освітлення;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги);

- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів та обладнання;

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);

-нервово-психічні перенавантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Організація робочого місця оператора технологічного обладнання має відповідати ергономічним вимогам ГОСТ 12.2.032. ССБТ. “Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования”, ДНАОП 0.00-1.31-99, ДСан Пін 3.3.2.007-98, характеру та особливостям трудової діяльності.

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

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

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

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

Клавіатура розміщується на поверхні столу або висувній полиці на відстані 100-300мм від краю, ближчого до користувача. Кут нахилу клавіатури має бути в межах $5-15^{\circ}$. Поверхня клавіатури повинна бути матовою з коефіцієнтом відбиття

0,4. клавiші клавiатури мають бути зручними в роботі і м'якими при натисканні (хід всіх клавiш має бути однаковим з мінімальним опором натискання 0,25Н та максимальним – не більше 1,5Н).

Оптимальна робоча поза:

- ступні ніг – на підлозі або на підставці для ніг (застосування підставки є обов'язковим для тих, у кого ноги не дістають до підлоги, коли робоче сидіння знаходиться на висоті, потрібній для забезпечення оптимальної робочої пози);

- стегна – в горизонтальній площині;
- передпліччя – вертикально;
- лікті – під кутом 70-90⁰ до вертикальної площини;
- зап'ястя зігнуті під кутом не більше 20⁰ відносно горизонтальної площини;
- нахил голови – 15-20⁰ відносно вертикальної площини.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Роботи пов'язані з обслуговуванням електрообладнання.

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

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

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

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

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

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в

закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами.

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

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

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

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

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

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

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

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

5.1.2 Електробезпека

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

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

- розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

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

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

3) Електрозахисні засоби захисту

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

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

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

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

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

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

1. Температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні оптимальних параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм.
2. Якщо температура поверхонь вище або нижче оптимальної температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше їм.
3. Для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 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 можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі ' робочої зони в кабіні оператора установки

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

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

Провітрювання приміщень котельні;

Цілісність конструкції вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення;

Встановлення кондиціонерів.

5.2.3 Виробниче освітлення

При поганому освітленні зростає потенційна небезпека помилкових дій і нещасних випадків. 5% травм можна пояснити недостатнім освітленням, а у 20% випадків воно сприяло їх появі. Погане освітлення може призвести до професійних захворювань: погіршують загальне самопочуття, зменшують фізичну і розумову працездатність.

Природне освітлення нормується коефіцієнтом природного освітлення – КПО або e :

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

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

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

Характеристика зорових робіт - середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

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

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

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

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

5.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P - звуковий тиск, Па;

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

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

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

Таблиця 5.4 – 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 Виробничі вібрації

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

У нашому цеху присутня вібрація типу - За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

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

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

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

5.2.6 Психофізіологічні фактори

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

Фізичні навантаження.

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

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

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

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

По горизонталі: до 4

По вертикалі: до 2

Інтелектуальні навантаження: Відсутня необхідність прийняття рішення

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

Сенсорні навантаження:

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

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

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження до 5

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

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

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

Емоційне навантаження:

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

Ступінь ризику для власного життя – Виключений

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – Виключений

Монотонність навантажень:

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

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

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

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 6–7

Змінність роботи Однозмінна робота (без нічної зміни)

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

5.5 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Визначення області працездатності СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Загальними ознаками надзвичайних ситуацій є: матеріальні збитки, істотне погіршення стану довкілля, наявність або загроза загибелі людей, чи суттєві погіршення умов їх життєдіяльності. Надзвичайні ситуації можуть мати природний та техногенний характер. Зростання кількості надзвичайних ситуацій, важкість їх наслідків змушують розглядати їх як серйозну загрозу безпеці окремої людини, суспільству та довкіллю, а також як загрозу електричним системам.

Вплив радіації на матеріал і деталі обладнання залежить від виду випромінювань, дози радіації і умов оточуючого середовища. В елементній базі системи електропостачання під дією іонізуючих випромінювань можливі зміни електричних і експлуатаційних характеристик, що залежать від порушення структури матеріалів.

Розрізняють декілька видів іонізуючого випромінювання (ІВ), які відрізняються джерелом елементарних часток, які її утворюють. При розгляді дії радіації використовують наступні терміни для основних її характеристик :

- потужність потоку вимірюється кількістю часток, які падають на площину 1 см^2 перпендикулярно за весь час опромінення;
- інтегральний потік - повний потік часток, які пройшли через 1 см^2 за весь час опромінення.

Дія швидких нейтронів призводить до руйнування кристалічних ґраток матеріалу транзистора (основний ефект) та іонізацію (вторинний ефект). Наслідком цієї дії є зміна параметрів напівпровідникових матеріалів.

Органічні матеріали є дуже чутливими до радіації. Дія останньої призводить до перетворення молекул в цих матеріалах, яка супроводжується хімічними реакціями, в яких виникають незворотні зміни структури речовин та їх механічних властивостей. До даних речовин належать полімерні матеріали, зокрема лавсанова плівка, якою здійснено ізоляцію. Дія іонізуючих і електромагнітних випромінювань на електричні системи може призвести до згорання чутливих електронних і електричних елементів, пов'язаних з великими антенами чи відкритими провідниками. В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть виникнути порушення в роботі електричних елементів схеми, що приведе до виходу з ладу апаратури.

Обладнання має в своєму складі ряд радіоелементів, серед яких резистори, конденсатори, діоди та мікросхеми. Останні особливо піддаються дії електромагнітного та іонізуючого випромінювання, оскільки в них найменша границя стійкості до іонізуючого випромінювання. Цей фактор буде врахований при подальших розрахунках.

Основними параметрами електромагнітного випромінювання, визначаючими його вражаючу дію, є:

- форма і тривалість електромагнітного випромінювання;
- амплітуда імпульсу (максимальна напруженість поля);
- діапазон частот електромагнітного випромінювання.

При оцінці впливу електромагнітного випромінювання на струмопровідні елементи необхідно враховувати, що електромагнітні випромінювання мають горизонтальну і вертикальну складові напруженостей електричного поля і тому

повинні визначатися значення напруг, які наводяться як на вертикальних, так і на горизонтальних ділянках ліній. Основну небезпеку при наземних і повітряних вибухах являє вертикальна складова напруженості електричного поля, яка перевищує горизонтальну складову приблизно на три порядки.

5.5.1 Визначення області працездатності СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії іонізуючих випромінювань

В якості критерію стійкості роботи СЕП використовується граничне значення рівня радіації.

Основними елементами в даному дипломному проекті, від яких залежить робота системи електропостачання, є транзистори, мікросхеми, діоди загального призначення, резистори, конденсатори. Для кожного з цих елементів визначається максимальне значення потужності експозиційних доз, при яких можуть відбутися зворотні зміни. Дані заносяться до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 — Максимально-допустимі значення потужності дози γ – випромінювання

№	Блоки	Елементи СЕП	Потужність дози γ - випромінювання $P_{\text{гр}}, P/\text{год}$	Границя стійкості $P_{\text{гр}},$ $P/\text{год}$
1	Блок живлення	Резистори, R12	10^6	10^4
		Конденсатори, K21У-4	10^6	
2	Блок управління	Транзистори, Т-123	10^5	
		Діоди, Т143-1000	10^5	
		Мікросхеми, LW1521	10^4	

Із таблиці 5.1 визначимо найбільш уразливий елемент. Такими елементами є мікросхеми, $P_{\text{звор}} = 10^4 P/\text{год}$.

Тоді визначаємо граничне значення рівня радіації із врахуванням $K_{\text{посл}}$

$$P_{\text{гр}} = K \cdot P_{\text{звор}} \cdot K_{\text{пос}} [P/\text{Год}], \quad (5.1)$$

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

$P_{\text{звор}}$ - рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін у найменш стійкому елементі пристрою;

$K_{\text{посл}}$ - коефіцієнт послаблення радіації.

$$P_{\text{гр}} = 0,94 \cdot 10^4 \cdot 1 = 9400 \text{ (Р/год)}.$$

Визначаємо допустимий час роботи за формулою:

$$t_{\text{дон}} = \left(\frac{D_{\text{сп}} \cdot K_{\text{посл}} + 2 \cdot P_{1\text{max}} \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2 [\text{год}] \quad (5.2)$$

$$t_{\text{дон}} = \left(\frac{10^4 \cdot 1 + 2 \cdot 58,1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 58,1} \right)^2 = 7579,4 \text{ (год)}.$$

Отже, область працездатності системи електропостачання ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії іонізуючих випромінювань лежить в межах від 0 до 9400 Р/год.

5.5.2 Визначення області працездатності СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $U_{\text{ж}} = 220 \text{ В}$ - напруга живлення пристрою;

$L_{\Gamma} = 2,5 \text{ м}$ - довжина горизонтальних струмоведучих частин.

Область працездатності системи в умовах дії електромагнітного випромінювання характеризується коефіцієнтом безпечної роботи K_6

$$K_6 = 201g \frac{U_{\text{д}}}{U_{\text{В}(\Gamma)}} \geq 40 [\text{дБ}], \quad (5.6)$$

де $U_{\text{д}}$ - допустимі коливання напруги живлення пристрою, В;

$U_{\text{В}(\Gamma)}$ - напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Визначаємо допустимі коливання напруги живлення

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

де $U_{\text{жс}} = 5\text{В}$ - напруга живлення пристрою;

$N = 10\%$ - коливання напруги живлення.

Підставивши значення для $U_{\text{ж}}$ і N в (5.3), отримаємо:

$$U_{\Delta} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 10 = 242 \text{ (В)} .$$

Оскільки вертикальна складова електричного поля приблизно на три порядки більша за горизонтальну, то при подальших розрахунках будемо враховувати вертикальну складову напруженості електричного поля.

Знайдемо U_{Γ}

$$K_6 = 201g \frac{U_{\Delta}}{U_{\Gamma}} = 40 \text{ (дБ)} ,$$

$$U_{\Gamma} = \frac{U_{\Delta}}{10^2} \text{ [В]} , \quad (5.5)$$

$$U_{\Gamma} = \frac{242}{10^2} = 2,42 \text{ (В)} .$$

Горизонтальну складову напруженості електричного поля визначаємо за формулою:

$$E_{\Gamma} = \frac{U_{\Gamma}}{L_B} \text{ [В/м]} , \quad (5.6)$$

$$E_{\Gamma} = \frac{2,42}{7,5} = 0,323 \text{ (В/м)} .$$

Визначаємо вертикальну складову напруженості електричного поля:

$$E_B = \frac{E_{\Gamma}}{10^{-3}} ,$$

$$E_B = \frac{0,323}{10^{-3}} = 323 \text{ (В/м)} .$$

Отже, область працездатності системи електропостачання СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії електромагнітних випромінювань визначається вертикальною складовою напруженості електричного поля в межах від 0 до 323 В/м.

5.5.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню стійкості роботи СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Для підвищення стійкості роботи системи електропостачання до дії іонізуючого випромінювання можна застосувати більш якісні електричні елементи, або використовувати захисне покриття з сплавів на основі тугоплавких і рідкоземельних металів та використовувати спеціальні екрани для збільшення $K_{\text{посл}}$.

Для підвищення безпеки роботи системи електропостачання до дії електромагнітного імпульсу слід застосувати пасивний екран. Щоб визначити якої товщини необхідна його стінка, знайдемо перехідне затухання екрану:

$$A = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}} , \quad (5.7)$$

де $K_{\text{Бном}}$ - номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{Бном}}=40\text{дБ}$);

$K_{\text{Бмін}}$ - мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий під час розрахунків. Для блоку живлення ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$)

$$A = 40 + 32,5 = 72,5(\text{дБ}).$$

Для блоку управління ($U_{\text{ж}}=220\text{В}$)

$$A = 40+34,5 = 74,5(\text{дБ}).$$

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]}. \quad (5.8)$$

де t – товщина стінки екрана, см;

$f=15000$ Гц.

Для блоку живлення товщина екрану:

$$t_1 = \frac{74,5}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,12 \text{ (см)} .$$

Для блоку управління товщина екрану:

$$t_2 = \frac{72,5}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,11 \text{ (см)} .$$

Отже, із застосуванням сталевих пасивних екранів товщиною не менше 1,2 мм робота СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» буде стійкою.

Також, у даному розділі було визначено область працездатності СЕП ЗАТ «Вінниця-млин» в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій і доведено, що в умовах дії іонізуючих випромінювань система електропостачання буде стабільно працювати при рівні радіації, який знаходиться в межах від 0 до 9400 Р/год та при дії електромагнітного імпульсу, якщо вертикальна складова напруженості електричного поля буде знаходитись в межах від 0 до 323 В/м.

ВИСНОВКИ

В даній магістерській кваліфікаційній роботі були вирішені задачі для оптимізації системи електропостачання ЗАТ «Винниця-млин», результатом яких стали такі проектні рішення:

Здійснено розрахунок навантажень підприємства в цілому та цехів окремо методами коефіцієнтів попиту та використання згідно чинних норм. Проведено автоматизований розрахунок кількості, потужності та місця розташування цехових ТП, а саме для СЕП підприємства оптимальним є використання двох однострумкованих ЦТП марки ТМ – 400/10. Було обрано оптимальний переріз кабельних ліній живлення підприємства. Підприємство доцільно здійснювати живлення від підстанції кабельними лініями 10 кВ марки АПвЭБВ-10 3x50 мм² L = 2,0 км. Визначено оптимальний переріз КЛ 10 кВ заводської мережі, які прокладені в траншеях маркою АПвЭБВ-10 перерізом 25 мм².

Визначено координати розміщення ЦРП за мінімумом приведених затрат в кабельних лініях. При такому розміщенні ЦРП витрати на спорудження, а також сумарні затрати по СЕП заводської мережі будуть мінімальними.

В науково-дослідній частині роботи була проведена розробка моделі активного силового фільтра з використанням засобів MatLAB, Simulink, що дозволило знайти оптимальні параметри та режими роботи для активного силового фільтра при роботі на несиметричну мережу даного підприємства.

Досліджено різні режими роботи активного силового фільтра. Для цього проведено моделювання основних режимів роботи АСФ в СЕП підприємства, а саме: робота на несиметричне навантаження, робота в режимі перенавантаження та робота в режимі короткого замикання в мережі.

Використання силового активного фільтра в системі електропостачання даного підприємства дозволяє значно зменшити величину вищих гармонік.

В роботі також було проведено розрахунок основних економічних показників спроектованої СЕП. Розраховано капіталовкладення та собівартість електричної енергії, а також експлуатаційні витрати.

Здійснено опис та нормування цеху за категоріями по санітарії та електробезпеки в розділі охорони праці. Також виконано оцінку стійкості роботи системи електропостачання цього цеху в умовах дії іонізуючих випромінювань а також електромагнітного імпульсу.

Обрані проектні рішення оптимально забезпечують надійне живлення підприємство електричною енергією.

Розроблені математичні комп'ютерні моделі можуть бути використані в навчальному процесі кафедри ЕСЕЕМ, зокрема при проходженні дисциплін “Спеціальні питання електропостачання”, “Електропостачання”, “Прийняття енергетичних рішень в умовах невизначеності”, “САПР в електроспоживанні”.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. (ПУЕ) Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - Х.: Міненерговугілля України, 2014.
2. ГОСТ 14209-97 «Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов».
3. ГОСТ 839-80 «Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия».
4. М.Й. Бурбело «Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків» Вінниця: ВНТУ, 2005р.
5. РД 153-34.0-15.501-00 «Методические указания по контролю и анализу качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Часть 1. Контроль качества электрической энергии».
6. СНиП II-4.79 – «Естественное и искусственное освещение».
7. СНиП 23-05-95 – «Естественное и искусственное освещение».
8. Справочная книга для проектирования электрического освещения/Под ред. Г.М. Кнорринга. -Л.: Энергия, 1976.-384с.
9. РТМ 36.18.32.4-92 – «Методика расчёта электрических нагрузок».
10. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 95 с.
11. Электроснабжение: учебное пособие по дипломному проектированию / Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Ю.П. Попов.– Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
12. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
13. Гольстрем В. А. Справочник по экономии топливно-энергетических ресурсов / В. А. Гольстрем, Ю. Л. Кузнецов. – К. : Техніка, 1985. – 383 с.
14. ГОСТ 12.0.003-74 – «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
15. ДНАОП 0.03-3.01-71 – «Санитарные нормы проектирования

промышленных предприятий».

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

28. Ягуп Е.В. Оптимизация режима несимметричной трехфазной системы с использованием активного фильтра и модифицированного алгоритма управления // Вісник НТУ «ХПИ», серія «Нові рішення в сучасних технологіях». – 2016. - №42(1214). – С. 124-128.

29. Васильев А.С., Боровиков Ю.С., Прохоров А.В. Спеціалізовані гібридні процесори для всережимного моделювання в реальному часі пристроїв FACTS / Энергетика очима молоді: Наукові праці III міжнародної науково-технічної

конференції - Єкатеринбург, 22-26 жовтня 2012 р.

30. Hingorani N.G., Gyugyi L. "Understanding FACTS concepts and technology of flexible AC transmission systems". IEEE Pres. 1999.

31. Власенко Р.В., Бялобржеський О.В. Застосування силового активного фільтру при компенсації компонент струму несиметричного нелінійного навантаження в чотирипровідній мережі // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. –2015. – №31. – С. 156-165.

32. MATLAB – високоуровневых язык технических расчетов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://matlab.ru/products/matlab>

33. Н.П. Дорофеев, И.И. Карташев, В.Н. Тульский и др. Управление качеством энергии. МЭИ 2006 - 320 с.

34 Simulink – моделирование и симуляция динамических систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://matlab.ru/products/simulink>

35 ЗАТ «Винниця-млин»: Головна сторінка [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vinnytsiazernoservice.business-guide.com.ua/>

35 Проектування робочого освітлення [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://bezremonta.net/elektrika/2380-.html>

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

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

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

“ ___ ” _____ 2020р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

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

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Оптимізація системи електропостачання Закритого акціонерного товариства
«Вінниця-млин»

08-17.МКР.011.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Бабенко О.В.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ - 19м

Черніков І.В.

(підпис)

Вінниця 2020 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

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

Дата початку роботи ____ . ____ .20р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .20р.

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

а) мета – оптимізація системи електропостачання ЗАТ «Винниця-млин» за рахунок використання інноваційних алгоритмів роботи активного силового фільтра на підприємстві;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

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

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

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

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

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

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

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається