

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: «ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В СИСТЕМІ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА
«ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»

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

_____ Станіславов Б. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник д.т.н., проф. Бурбело М. Й.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019

Вінницький національний технічний університет
 Факультет електроенергетики та електромеханіки
 Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
 Освітньо-кваліфікаційний рівень – магістр
 Спеціальність– 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
 Освітня програма – Електротехнічні системи електроспоживання

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

„ 02 ” жовтня 2019 р

ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
Станіславову Богдану Павловичю

1.Тема роботи: Підвищення якості електроенергії в системі електропостачання Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

керівник роботи: Бурбело Михайло Йосипович, д.т.н. професор,
 затверджена наказом по ВНТУ від « 02 » жовтня 2019 року, № 254

2. Строк подання студентом роботи «03» грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи: відомості про електричні навантаження та планування підприємства, про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.

Наукові публікації з питань підвищення якості електроенергії в електричних мережах промислових підприємств.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

ВСТУП.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ СПОТВОРЕННЯ НАПРУГИ ВИЩИМИ ГАРМОНІКАМИ

1.1 Характеристика електричної мережі електропостачання підприємства

1.2 Нормативні документи, які регламентують вміст вищих гармонік

1.3 Аналіз відомих методів визначення гармонічного складу напруги

1.4 Вплив вищих гармонік на електричні пристрої

1.5 Висновки до розділу 1

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Особливості побудови та режими роботи систем електропостачання

2.2 Характеристика системи електропостачання КП ВТК та ТП №19

2.3 Розрахунок потужності ТП

2.4 Розрахунок перетину контактної мережі і кабелів 600В

2.5 Вибір електрообладнання РУ 600В

2.6 Розрахунок струмів короткого замикання

2.7 Вибір електрообладнання РУ 10кВ

2.8 Вибір трансформаторів струму

2.9 Вибір ізоляторів

2.10 Вибір електрообладнання РУ 10кВ

2.11 Вибір високовольтного кабелю

2.12 Розрахунок заземлення

2.13 Вибір трансформаторів напруги

2.14 Висновок до розділу 2

РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА РОБОТИ АКТИВНОГО ФІЛЬТРА ВИЩИХ ГАРМОНІК

3.1 Створення математичної моделі для дослідження роботи фільтра

3.2 Аналіз роботи СЕП до впровадження активного фільтра вищих гармонік

3.3 Аналіз роботи СЕП після впровадження активного фільтра вищих гармонік

3.4 Аналіз роботи СЕП в момент пуску та розгону двигуна

3.5 Висновки до розділу 3

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

4.1 Розрахунок капіталовкладень в СЕП.

4.2 Розрахунок поточних витрат.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Електробезпека

5.1.2 Заходи з безпеки виконання робіт по обслуговуванню електродвигунів

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

5.2.2 Виробниче освітлення

5.2.3 Виробничий шум

5.2.4 Виробничі вібрації

5.2.5 Психофізіологічні фактори

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання

КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії загрозливих чинників НС

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії іонізуючих випромінювань

5.3.2 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах надзвичайних ситуацій

ВИСНОВКИ

5. Перелік графічного матеріалу: 1. План розміщення обладнання ТП-19. 2. Однолінійна схема ЕПП. 3. Перелік обладнання. 4. Розрахунки навантажень струму та падіння напруги по ТП.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання « 03 » вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика підприємства та технологічного процесу	09.10.2019	
2	Аналіз сучасних технічних засобів компенсації вищих гармонік та способів керування ними	18.10.2019	
3	Моделювання фільтра вищих гармонік	01.11.2019	
4	Економічна частина роботи	10.11.2019	
5	Охорона праці та безпека в надзв. ситуаціях	21.11.2019	
6	Написання пояснювальної записки	02.12.2019	

Студент

_____ (підпис)

Керівник магістерської роботи

_____ (підпис)

Станіслав Б.П.
(прізвище та ініціали)

Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Станіславов Богдан Павлович. Підвищення якості електроенергії в системі електропостачання Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія». Магістерська кваліфікаційна робота. Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2019 – № 86с.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання якості електроенергії в системі живлення міського електротранспорту та тягових підстанцій, аналіз відомих методів та засобів перетворення енергії зі змінного в постійний струм, вибір типів випрямлячів та їх аналіз, порівняння між собою.

Також проаналізовано питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях на підприємстві.

Ключові слова: електричні мережі, електропостачання, енергоефективність, електротранспорт, підстанція.

АННОТАЦИЯ

Станиславов Богдан Павлович. Повышение качества электроэнергии в системе электроснабжения Коммунального предприятия «Винницкая транспортная компания». Магистерская квалификационная работа. Специальность 141 - Электроэнергетика, электротехника и электромеханика. - Винница: ВНТУ, ФЕЕЕМ, кафедра ЕСЕЕМ, 2019 -86 с.

В магистерской квалификационной работе рассмотрены вопросы качества электроэнергии в системе питания городского электротранспорта и тяговых подстанций, анализ известных методов и средств преобразования энергии с переменного в постоянный ток, выбор типов выпрямителей и их анализ, сравнение между собой.

Также проанализированы вопросы охраны труда и безопасности в чрезвычайных ситуациях на предприятии.

Ключевые слова: электрические сети, электроснабжение, энергоэффективность, электротранспорт, подстанция.

Рисунков – 16

Таблиц – 24

Библиографий – 25

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ СПОТВОРЕННЯ НАПРУГИ ВИЩИМИ ГАРМОНІКАМИ	9
1.1 Характеристики електричної мережі електропостачання підприємства	9
1.2 Нормативні документи, які регламентують вміст вищих гармонік	10
1.3 Аналіз відомих методів визначення гармонічного складу напруги	12
1.4 Вплив вищих гармонік на електричні пристрої.....	14
1.5 Висновки та постановка задачі дослідження	17
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ	19
2.1 Особливості побудови та режими роботи систем електропостачання	19
2.2 Характеристика системи електропостачання КП ВТК та ТП №19	21
2.3 Розрахунок потужності ТП	25
2.4 Розрахунок перетину контактної мережі і кабелів 600В	28
2.5 Вибір електрообладнання РУ 600В.....	30
2.6 Розрахунок струмів короткого замикання.....	32
2.7 Вибір електрообладнання РУ 10кВ.....	34
2.8 Вибір трансформаторів струму	35
2.9 Вибір ізоляторів	36
2.10 Вибір електрообладнання РУ 10кВ.....	37
2.11 Вибір високовольтного кабелю	38
2.12 Розрахунок заземлення.....	40
2.13 Вибір трансформаторів напруги.....	41
2.14 Висновок до розділу 2	43
РОЗДІЛ 3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА РОБОТИ АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ ВИЩИХ ГАРМОНІК	44
3.1 Створення математичної моделі для дослідження роботи фільтра	44
3.2 Аналіз роботи активного фільтра вищих гармонік	47
3.3 Аналіз роботи СЕП в момент пуску та розгону двигуна	50

3.4 Практична реалізація	51
3.5 Висновки до розділу 3	52
РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ	53
4.1 Економічні розрахунки збитків спричинених неякісними ПЯЕЕ.	53
4.2 Економічний ефект впровадження розроблених меделей.....	57
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯ ...	67
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту	68
5.1.1 Електробезпека	68
5.1.2 Заходи з безпеки виконання робіт по обслуговуванню електродвигунів	69
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	69
5.2.1 Мікроклімат	71
5.2.2 Виробниче освітлення	71
5.2.3 Виробничий шум	72
5.2.4 Виробничі вібрації.....	73
5.2.5 Психофізіологічні фактори.....	75
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії загрозливих чинників НС	76
5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії іонізуючих випромінювань.....	77
5.3.2 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах надзвичайних ситуацій	80
5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах надзвичайних ситуацій	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	85
ДОДАТКИ.....	86
Додаток А – Технічне завдання	

Додаток Б – План підстанції із розміщенням обладнання

Додаток В – Однолінійна схема електропостачання

Додаток Г – Перелік встановленого обладнання

Додаток Д – Дослідна модель роботи активного фільтра на шинах випрямляча тягової підстанції.

Додаток Ж Матеріали роботи

ВСТУП

Актуальність теми. Основним споживачем електричної енергії в Україні є промисловість, але вагома частка припадає також на комунальне господарство та транспорт. Гармоніки створюються електронним обладнанням з нелінійними навантаженнями, які проводять струм різкими короткими імпульсами. Короткі імпульси викликають спотворення форми синусоїди, що, в свою чергу, змушує гармоніки відтікати і впливати і на інші частин мережі. Вищі гармоніки особливо поширені в мережах, коли в одній електричній системі є багато персональних комп'ютерів, лазерних принтерів, факсимільних апаратів, фотокопіювальних апаратів або медичного тестового обладнання, флуоресцентного освітлення, джерел безперебійного живлення і приводів змінної швидкості.

В кожній з вище вказаних галузей більшу частину електроенергії споживає електропривод різних установок. Досвід використання електроприводів переконує нас в необхідності підвищення його енергоефективності та розробки регулювання технологічного процесу. Новітні підприємства характеризуються широким та інтенсивним впровадженням нелінійних навантажень і, в першу чергу, пристроїв силової електронної перетворювальної техніки [1]. Такі пристрої мають ряд суттєвих переваги, впливають на вирішення економічних проблем, сприяють вирішенню енергетичної проблеми при сталих генеруючих потужностях. Але використання таких приладів породжує нову проблему якості електроенергії частиною якої є вищі гармоніки.

Тому необхідно мінімізувати появу вищих гармонік, введення та використання вентильних регульованих електроприводів. Але запроваджувати все більше використання додаткових технічних засобів та рішень для уникнення генерування в мережу електропостачання гармонічних складових напруги та струму, разом з тим запровадження додаткових пристроїв для компенсації гармонічних складових в мережі електропостачання, це і обумовлює актуальність проблеми вмісту вищих гармонік в електричних системах енергогосподарств.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основний зміст магістерської роботи складають дослідження, що проводились відповідно до наукового напрямку кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету. Автор брав участь у виконанні робіт як виконавець..

Мета і задачі дослідження. Головною метою дослідження є удосконалення системи електропостачання тягової підстанції №19 та розробка і впровадження нових підходів автоматичного регулювання силових фільтрів з метою підвищення якості електроенергії.

Відповідно до вказаної мети необхідно вирішити такі основні задачі:

1. Провести огляд існуючих методів, способів, схем та технічних рішень регулювання, що забезпечують покращення якості електроенергії.
2. Оптимізація системи електропостачання.
3. Запропонувати практичні реалізації розроблених систем управління фільтрокомпенсуючими пристроями.

Об'єкт дослідження. Система електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», а саме тягова підстанція №19 та встановлені пристрої, робота яких впливає на появу вищих гармонік.

Предметом дослідження є система керування силових фільтрів з метою підвищення якості електроенергії, а також процеси які проходять в електричних мережах.

Методи дослідження. Для вирішення поставленої проблеми та аналізу прийнятих рішень використані такі методи дослідження: методи теорії електричних кіл, теорії автоматичного керування та чисельні методи розв'язання задач.

Наукова новизна результатів дослідження.

1. Запропоновано нову математичну модель для керування фільтрокомпенсуючим пристроєм, яка забезпечує компенсацію одночасно декількох перевалюючих гармонік напруги, що підвищує якість електроенергії.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблені принципи та пристрої керування фільтрокомпенсуючими пристроями можуть використовуватися

як при розробці, так і при реконструкції та модернізації систем електропостачання в промисловості та транспортних електричних мережах.

Особистий внесок магістранта. Автором проведено аналіз існуючої мережі електропостачання, а також відомих методів та засобів управління фільтрами вищих гармонік, запропоновано нову модель управління фільтрокомпенсуючими пристроями.

Апробація результатів роботи. Основні положення та результати виконаних в даній роботі досліджень доповідались та обговорювались на XLV науково-технічній конференції факультету електроенергетики та електромеханіки.

Публікації. Результати опубліковані в збірнику праць XLV науково-технічної конференції факультету електроенергетики та електромеханіки [25].

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, списку літератури з 25 найменувань. Основний зміст викладено на 86 сторінках друкованого тексту, містить 16 рисунків, 24 таблиць.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ПРОБЛЕМ СПОТВОРЕННЯ НАПРУГИ ВИЩИМИ ГАРМОНІКАМИ

1.1 Характеристика електричної мережі електропостачання підприємства

КП «Вінницька транспортна компанія» – комунальне підприємство яке займається наданням послуг з перевезення пасажирів різноманітними видами транспорту. А також ремонтом та обслуговування цього транспорту.

На сьогодні КП "Вінницька транспортна компанія" – це потужне підприємство з повним обсягом необхідного технологічного обладнання, базою служби енергогосподарства, автогосподарством, службою колії і кваліфікованими кадрами.

Справна робота трамваїв і тролейбусів забезпечується завдяки потужній ремонтній базі та правильній роботі тягових підстанцій, що дозволяє виконувати всі види ремонтів рухомого складу, освоювати сучасні технології реставрації агрегатів, виготовляти та реставрувати власними силами більш як 750 видів запасних частин. проводити реконструкції та модернізації енергосистеми.

Керівництво підприємства бере вектор на впровадження енергозберігаючих технологій. Про це свідчить той факт що у Вінниці вперше з України розроблено і впроваджено в трамваях і на тролейбусах лічильники електроенергії постійного струму, здійснюється планування витрат на енергоресурси, що дозволить правильно роз приділяти ресурси, і в майбутньому купувати стільки енергії скільки потребує підприємство.

Крім трамвайного та тролейбусного депо в склад підприємства входить муніципальний автобусний парк та аеропорт Вінниця.

Тягові підстанції міста Вінниці використовуються для живлення руху трамваїв та тролейбусів.

Характерна риса СЕП – є наявність у них перетворювачів змінного струму в постійний. Ці елементи, або пристрої які сприяють у системах появи вищих гармонічних складових у спектрі напруги та струму.

Джерела перешкод знаходяться в енергетичних системи і генерують в них вищі спотворювальні гармоніки. Мережі є для них, фактично передавальною ланкою, за допомогою якої вони проникають в системи інших споживачів, які страждають від цих перешкод.

Основними спотвореннями форм струму та напруги в СЕП є: вміст вищих гармонічних складових, найчастіше які кратні основній частоті, (гармоніки - це спотворення нормальної форми хвилі (синусоїди) електричного струму, інтергармоніки – це гармоніки, частота яких некротна головній); коливання напруги; короточасні провали (посадки) напруги, амплітуда яких зазвичай перевищує 10 % та може досягти навіть до 100 % (перерви живлення).

Вищі гармоніки в СЕП викликають [1]:

1. Перегрів кабелів, трансформаторів тощо;
2. Високі напруги та циркулюючі струми, викликані гармонічним резонансом;
3. Несправності обладнання через надмірне спотворення напруги;
4. Збільшення внутрішніх втрат енергії в підключеному обладнанні, що призводить до відмови компонентів і скорочена строку служби;
5. Помилкове спрацьовування вимикачів;
6. Помилки вимірювання;
7. Пожежі в системах електропроводки та розподілу;
8. Зниження коефіцієнта потужності системи.

1.2 Нормативні документи, які регламентують вміст вищих гармонік

ДСТУ EN 50160 регламентує допустимі значення вищих гармонічних складових напруги (табл. 1.1), які не повинні перевищуватись протягом 95% часу. Значення сумарного коефіцієнта гармонічного спотворення, який розраховується за формулою

$$THDU = \sqrt{\sum_{n=2}^{40} \left(\frac{U_n}{U_1}\right)^2} \quad , \quad (1.1)$$

(для всі гармонік), має бути меншим 8% [ДСТУ EN 50160]. Тут використані результати десятихвилинних вимірювальних спостережень середніх ефективних значень напруги для всіх окремих вищих гармонік в стандартних нормальних робочих умовах. Такі вимірювання виконуються протягом одного тижня [1].

Таблиця 1.1 – Допустимі значення вищих гармонік

Непарні гармоніки				Парні гармоніки	
Непарні гармоніки, які не діляться на 3		Непарні гармоніки, які діляться на 3			
h	U _h у % U _n	h	U _h у % U _n	h	U _h у % U _n
5	6,0	3	5,0	2	2
7	5,0	9	1,5	4	1
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3,0	21	0,5		
17	2,0				
19	1,5				
23	1,5				
25	1,5				

Примітка. Для гармонік з порядком вище 25 стандартом непередбачені норми, оскільки вони невеликі та непередбачувані через резонансні явища.

Основні вимоги до вимірювання вищих гармонік та інтергармонік напруги пристроями класу А визначені в міжнародному стандарті ІЕС 61000-4-7.

Крім того також на гармонічних складових та інтергармонічних складових необхідно застосувати принциповий підхід маркування. Якщо під час вимірювання відбуваються якісь серйозні зміни типу переривання живлення або швидкі зміни напруги, або ж перехідний процес, то значення, отримані з цих інтервалів, не використовуються у статистиці для порівнянні зі значеннями, встановленими в EN 50160. Крім результатів для всіх вищих гармонік в порівнянні з граничними значеннями, наведеними в EN 50160, (Guidelines of Good Practice on the

Implementation and Use of Voltage Quality Monitoring Systems for Regulatory Purposes)
пропонує додатково ще такі результати:

1. Для гармонік:

- Для 3, 5 та 7 гармоніки - кількість значень, що перевищують граничне значення 75%, запропоноване стандартом EN 50160.

- значення сумарного гармонічного спотворення всіх непарних гармонік від 9 до 39.

2. Для інтергармонік:

- значення загального гармонічного спотворення в системі від 2,5 до 39,5 (вищі інтергармоніки) та від 0,5 до 1,5 (пов'язані з мерехтінням).

Вимірювання повинні бути виконані для кожної фази трифазної системи окремо [1].

1.3 Аналіз відомих методів визначення гармонічного складу напруги

Основною вимогою для вимірювання гармонік та інтергармонік є те, що вимірювання повинно бути безперервним, з базовим інтервалом обробки 200 мс. Кожен наступний інтервал 200 мс слід дотримуватися без переривання та перекриття. Це ставить додаткові вимоги до використання мікропроцесорів. Як результат, багато виробників не можуть відповісти на цей запит, оскільки вимагається постійна обробка зразків вхідного каналу, обчислення їх ефективного значення та збереження в пам'яті, а сам аналіз повинен виконуватися з інтервалом 200 мс.

Гармонічний аналізатор є найбільш ефективним інструментом для детального аналізу якості потужності та для визначення форми синусоїдності напруги та струму у відповідних частотних спектрах. Гармонічний аналізатор також корисний у випадках, коли відсутність явних симптомів заважає визначити, чи викликає занепокоєння гармоніка.

Для детального аналізу джерела використовується гармонічний аналізатор. Використовуючи ці дані, функція співвідношення гармонік обчислює значення від

0% до 100% для позначення відхилення несинусоїдної та синусоїдної форм хвиль. Це значення вказує на наявність гармонік.

Вбудована функція гармонік серії Agilent U1242 DMM допомагає технікам та інженерам швидко перевірити наявність гармонік в сигналах змінного струму. Ця інформація може бути використана для запобігання або скорочення часу простою обладнання та витрат на ремонт.

Таблиця 1.2 – Функції найсучасніших офлайнових пристроїв для вимірювання якості електроенергії [1].

Виробник	LEM (FLUKE)	LEM	(FLUKE)	LEM(FLUKE) METREL
Тип	МЕМОБОХ 800	ТОPAS	435-II	MI 2292 Power PLUS
ТНД до гармонійного аналізу	вимірює напругу до 40 гармонік і ТНД, Р версія вимірює ТНДУ и ТНДИ	+	+	+ до 50-ї гармоніки
Мерехтіння	Pst, Plt обчислюється в ПК	+	+	+
Перерви напруги	Він фіксує кількість подій, сортування за тривалістю та закінченням.	+	+	+
Перехідні процеси	-	Запис перехідних частот 0,5 МГц та 10 МГц	Запис перехідних процесів 200 кГц	+
Аналіз згідно EN 50160	Статична обробка даних на комп'ютері	Статична обробка даних на комп'ютері, аналіз причини помилок у системі, друк звітів	Відображення результатів вимірювань, діаграм та створення звітів про показники.	Статична обробка даних на комп'ютері

1.4 Вплив гармонік на електричні пристрої

Згідно з IEEE-519-1992 ступінь, до якої можна допустити вміст вищих гармоніки, визначається переважно сприйнятливістю навантаження мережі рідше сприйнятливістю джерела. Найменш чутливим до впливу вищих гармонік є прилад, основним елементом якого є нагрівний елемент, типу електроплити, або електропечі. Тому що енергія вищих гармонік в таких приладах цілком використовується, отже є допустима. А найбільш вибагливим є обладнання, який вимагає ідеально синусоїдальної напруги. Це обладнання зв'язку, обробки даних, систем керування та вимірювальні прилади.

У випадку печі, гармоніки викликають діелектричне, термічне або вольтаїчне навантаження, що спричиняє швидкому старінню ізоляції та вивід обладнання в позаплановий ремонт.

Ще одна, загалом більша, стурбованість викликана потоком гармонічних струмів у роторі. Потік струму в статорі вироблятиме магнітомоторну силу в повітряному проміжку, який викликає поточний струм у роторі двигуна. Так само, як всі характерні гармоніки можуть бути визначені як позитивна або негативна послідовність, обертання цієї гармоніки. П'ята гармоніка обертається у зворотному напрямку в цей час в роторі буде індукований струм гармоніки з частотою, яка відповідає чистій обертальній різниці між головною частотою повітряного зазору та, п'ятою прямою (гармонікою), або шостою гармонікою. Сьома гармоніка обертається у прямому напрямку (позитивна послідовність), то в роторі буде індукований струм гармоніки з частотою, яка відповідає чистій різниці обертів між сьомою і основною частотою повітряного перерізу, тобто сьомому мінусовому, або шостій гармоніці. Таким чином, п'ята та сьома гармоніки в статорі об'єднуються для отримання шостого гармонічного струму в роторі. 11-я та 13-а гармоніка діють так само, щоб виробляти 12-й гармонійний струм у роторі і так далі з гармонійними парами вищестоящого порядку. В двигунах, або генераторах є дві основні проблеми з роторними гармоніками:

- 1) Результуючий роторний нагрів;

2) Пульсуючий або зменшений обертовий момент.

Нагрів ротора, який виникає в даному випадку і може бути допустимим залежить від типу ротора. Пошкодження роторних двигунів є більш складнішим і енергозатратним ніж у двигунів з короткозамкненим ротором. Збитки від втрат, як правило, більше турбують, ніж втрати в сталі. Сумарна дія гармонік полягає в зниженні ефективності та терміну служби машини. Гармонічне нагрівання знижує ефективність приблизно до 90-95% від того, що було б випробуване з застосуванням чистих фундаментальних синусоїдальних хвиль.

Ефект вищих гармонік на трансформатори має подвійний характер: струмові гармоніки збільшують втрати в міді, а гармоніки напруги збільшують втрати в сталі. Загальний ефект виходить таким що збільшується нагрів трансформатора, порівняно з чисто синусоїдною формою струмів та напруг [1].

IEEE C57.12.00-1987 рекомендує обмеження на вищі гармоніки в трансформаторному струмі. Верхня межа коефіцієнта спотворення дорівнює 5% при номінальному струмі. Практика також показує максимальну середньоквадратичну перенапругу, яку трансформатор повинен витримувати в стаціонарному стані: 5% при номінальному навантаженні та 10% без навантаження.

Блукаючі втрати - це втрати вихрових струмів які утворилися внаслідок блукаючого електромагнітного потоку в обмотках, сердечника, пускача, магнітних щитах. В IEEE C57: 110-1986 також наведено методику розрахунку для отримання втрат вихрової потужності та струмів для трансформатора [IEEE C57.12.00-1987].

Силові кабелі задіяні в системному резонансі можуть попадати під напругу імпульсну напругу, що може призвести до порушення ізоляції кабелів. КЛ, які попадають під "звичайний" рівень гармонічного струму, схильні до нагрівання. Протікання несинусоїдного струму в КЛ призведе до надлишкового нагрівання. Це зазвичай пов'язується з такими явищами, як "поверхневий ефект" та "ефект близькості", обидва змінюються залежно від частоти, а також від перерізу провідників. В результаті цих чинників, сумарний ефективний опір змінного струму стає більшим від постійного опору, особливо для КЛ з великим перерізом жил.

Конденсатори. Основною проблемою, пов'язаною з встановленням і експлуатацією конденсаторів в СЕП, є можливість системного резонансу. Це сприяє накладанню струму та напруги, які набагато вищі, ніж коли вони без резонансу. Реактивна потужність конденсаторної батареї зменшується з часом та частотою, і тому батарея виступає як раковина для вищих гармонічних струму. Це в свою чергу збільшує нагрівання та діелектричні стреси.

IEEE Std 18-1992 обмежує струм та напругу і реактивну потужність для банків конденсаторів. Вони можуть використовуватися для визначення максимально допустимих гармонічних рівнів. Результатом нагрівання, викликаного гармонікою, є скорочення часу роботи конденсатора.

Поширені проблеми, що викликані гармоніками перевантаження нейтральних провідників. Трифазна система складається з трьох окремих фазних провідників і нейтрального провідника. Якщо всі фазні провідники несуть однаковий струм, тоді фазні струми відокремлені один від одного і ніяк не пливають один на одного або якщо є зрівноважувальне навантаження. Це зрівноважувальне навантаження зменшує струми і як наслідок зменшує переріз нейтрального провідника. Наприклад, в джерелах живлення комп'ютерів є дуже високий прояв третьої гармоніки. Тому у будинках з великою кількістю встановлених персональних комп'ютерів нейтральний провід може проводити набагато вищі струми, ніж фазний провід, створюючи потенційну небезпеку пожежі.

Для трансформаторів втрати від вихрового струму в обмотках є найбільш домінуючою складовою втрат трансформаторів. Ця втрата вихрового струму збільшується пропорційно квадрату гармонічного струму виробу та відповідної його частоти. Це призводить до перегріву трансформатора і погіршує ізоляційні матеріали в трансформаторі, що в кінцевому підсумку призводить до несправності трансформатора.

Крім того, значно погіршується точність електричних вимірювань (наприклад, лічильників електроенергії данні з яких навіть не використовують при розрахунках), виникають перебої в роботі автоматики, мікропроцесорних систем управління та релейного захисту. У безпосередній близькості від таких споживачів практично

неможливо використовувати телекомунікаційні лінії та пристрої передачі інформації, тому що вони сильно впливають на них.

Всі схеми, що містять ємність та індуктивність, мають одну або більше резонансних частот. Коли будь-яка з резонансних частот відповідає гармонічній частоті, що випромінюється нелінійними навантаженнями, може виникнути гармонічний резонанс. Напруга і струм під час резонансної частоти можуть сильно спотворюватися. Це викривлення може спричинити неправильну роботу енергосистеми, що може врешті-решт призвести до втрат виробництва[1].

1.5 Висновки та постановка задач дослідження

Гармоніки – це електричні напруги та струми, які можуть спричинити проблеми з якістю електроенергії. Оскільки обладнання та машини можуть несправно працювати або не працювати в умовах високої гармонічності напруги. Рівень гармонічного спотворення викликає все більшу стурбованість у керівників об'єктів, користувачів обладнання автоматизації та інженерів. Хоча наявність гармонік фактично не може унеможливити експлуатацію фабрики чи офісу, ступінь впливу залежить від того, наскільки добре може витримувати їх енергосистема та наскільки обладнання сприйнятливим до гармонічних спотворень.

Вищі гармонічні складові погіршують якість електроенергії та її ефективність, особливо в комерційних будівлях чи промислових майданчиках. Загалом, більшість будівель легко витримують нелінійні навантаження до 15% від загальної потужності електричної системи. Якщо нелінійні навантаження перевищують 15%, можуть виникнути деякі неочевидні негативні наслідки.

Проаналізувавши існуючі рішення, щодо компенсації вищих гармонік в СЕП, можна сказати, що методи вирішують, або підвищення якість напруги, не враховуючи надійності та довго тривалість роботи фільтруючого обладнання, або підвищують надійність роботи самих фільтрів, нехтуючи якістю компенсації шкідливих гармонік. Застосування цих підходів в комплексі є перспективним напрямком розвитку СЕП. Тому головна задача являє собою створення

енергоефективної системи електропостачання тягової підстанції, а також дослідження роботи випрямлячів на ТП №19 м. Враховуючи вищесказане можна запропонувати такий алгоритм роботи:

- Аналіз існуючих електричних систем та їх проблеми якості;
- Аналіз відомих методів боротьби з появою вищих;
- Перегляд нормативних документів в яких висуваються вимоги до вмісту та впливу вищих гармонік;
- Запропонувати новітні енергоефективні рішення в системі електропостачання;
- Проаналізувати роботу фільтрів вищих гармонік на ТП №19;
- Запропонувати шляхи подальшого розвитку і вдосконалення тягових підстанцій;
- Розрахунок капіталовкладень в електричну систему;
- Запровадити технічні рішення з безпечної експлуатації СЕП.

Реалізації визначених етапів алгоритму поставленої задачі присвячені всі наступні розділи магістерської роботи.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

2.1 Особливості побудови та режими роботи систем електропостачання

Після аналізу впливу вищих гармонічних складових напруги та струму на СЕП та на її елементи відбувається зростання складності та різноманітності режимів роботи СЕП, збільшення розмірів, кількості об'єктів, які входять у цю систему. Це говорить нам про те що залучення традиційних підходів до їх модернізації та вдосконалення з метою підвищення їх енергоефективності, а також створення таких систем не дозволяють отримати бажаних результаті роботи мережі при оптимальній структурі та оптимальних законах їх керування [9 – 12]. Проблема підвищення енергоефективності та надійності СЕП потребує розробки нових підходів як до вдосконалення як структур, так і законів функціонування різноманітних типів перетворювачів електричної енергії (ПЕЕ) та фільтрів, що є складовими елементами СЕП.

Характерні риси сучасних СЕП – це наявність в їх мережі різних типів перетворювальних пристроїв та нелінійних нестационарних елементів. Ці елементи обумовлюють наявність у системах вищих гармонічних складових у спектрі струму та напруги, а також не симетрію та не урівноваженість сигналів мережі СЕП. Вищі гармоніки в СЕП поширюють додаткове нагрівання елементів та втрати, функціональне порушення режимів роботи мережі електропостачання. Не симетрія та незрівноваженість у трифазній СЕП пояснюється специфічними особливостями її елементів та топології (конфігурації). Несиметрія та незрівноваженість фаз в СЕП призводять до перетоків електроенергії не тільки між елементами системи, а й між різними фазами. У більшості випадків компоненти СЕП задовольняють таким положенням: схеми заміщення елементів містять пасивні чи активні нелінійні, нестационарні елементи з зосередженими параметрами; процеси в елементах системи є детермінованими; наявність блоків регулювання та контролю, які можна представляти функціональними моделями[2].

Основними видами перешкод, що ширяться мережами СЕП, є [13,14]: вищі гармонічні складові напруги та струму (кратні та некратні основній частоті); несиметрія напруг, яка характеризується напругами зворотної та нульової послідовності; короткочасні провали та підвищення напруги; імпульси напруги; коливання напруги.

Існують три види перешкод які практично завжди мають своє місце в напрузі, їх значення із заданою достовірністю може бути обчислене на основі даних про структуру та режими роботи обладнання СЕП. Джерела таких перешкод знаходяться в електромережах системи. Електромережі є для них передатною ланкою, за допомогою якої вони проникають в мережі інших споживачів і ті страждають від їх дії на систему, цих перешкод.

Головним спотворювачем синусоїдної форми струму та напруги в СЕП є: вищі гармоніки, частота яких кратна основній частоті. Їх ще називають інтергармоніки – гармоніки, частота яких некратна основній частоті; коливання напруги; короткочасні посадки напруги, амплітуда яких перевищує 10 % та може досягати до 100 % (перерва електропостачання); не симетрія напруги (тільки у трифазних системах); сигнали систем управління, що передаються по електричних лініях; зміни частоти; випрямлячі постійного струму тощо.

Для СЕП потрібно виділити втрати, пов'язані з нераціональним електроживленням які виникають через несинусоїдність напруги та струму та проявляються у таких показниках як зниженні коефіцієнта потужності, чи обмеженні використання конденсаторних батарей. При виконанні підключення до джерела живлення СЕП кількох елементів спотворення напруги та струмів постає питання нормування допустимого індивідуального рівня в загальному спотворенні сигналів. Для розкриття даної проблеми необхідно знати механізм додавання гармонічних спотворень від різних, або додаткових джерел.

2.2 Характеристика системи електропостачання КП ВТК та ТП №19

Питання реконструкції нової тягової підстанції в районі вул. Київська піднімалось вже неодноразово, але на це ніколи не вистачало коштів. Та настає час коли ситуація критична, тобто існуючих підстанцій не вистачає для забезпечення безперебійного живлення контактної мережі в даному районі, тому потрібно побудувати нову, надійну, потужну підстанцію.

Збільшення рухомого складу на ділянках живлення: ТП-1, Ф№1; ТП-4 Ф№1,2; ТП-12 Ф№2; ТП-21 Ф№1, мережі міського електротранспорту, призвело до великого навантаження на обладнання тягових підстанцій, кабельних та контактних мереж. Це в свою чергу призводить до великої кількості аварійних відмов обладнання його швидкого зношення та суттєвого збільшення фінансових затрат для підтримання інфраструктури необхідної для забезпечення безперебійного енергопостачання міського електротранспорту в робочому стані. Збільшилась щільність струму в контактному проводі в понаднормові значення, що призводить до його перегріву і як наслідок розтягненню та виходу з ладу. Це потребує постійної заміни контактного проводу на новий по даних ділянках контактної мережі.

Кабельні мережі теж піддаються постійному перевантаженню, що призводить до їх перегріву і як наслідок до їх виходу з ладу. На тягових підстанціях обладнання розподільчих пристроїв $\pm 600\text{В}$ яке заживлює дані ділянки контактної мережі працює у стані близькому до аварійного через збільшення відключень комутаційної апаратури від коротких замикань та перенавантажень.

Структура тягової підстанції складається з таких компонентів: ввід, розподільче устаткування високої напруги, розподільче устаткування низької напруги, перетворювач, фідера.

Тягова підстанція постійного струму №19 живиться електроенергією на напрузі 10 кВ від двох незалежних секцій ГПП 110/10кВ “Пневматика”. Кабельні лінії (на далі КЛ) живлення підстанції виконано броньованими силовими кабелями марки ААБл-10 3х120 з алюмінієвими жилами, з просоченою паперовою ізоляцією в

алюмінієвій оболонці, із захисним покривом типу Бл (бронювання стрічками зі сталі, з подушкою під броню) довжиною 4500м.

Функцію релейного захисту виконує мікропроцесорний пристрій захисту та автоматики мереж РЗЛ-03. Пристрій призначений для установки в релейних шафах і відсіках КРУ, шафах релейних зал і щитах управління підстанцій до 35кВ. РЗЛ виконує функцій релейного захисту, автоматики, управління і сигналізації кабельний ліній електропередачі напругою 10 кВ визначених ПУЕ та ПТЕ.

Для зменшення високих первинних значень струму до значень придатних для вимірювань 100В встановлено трансформатор прохідний вимірювальний трансформатор струму ТПЛ-10 клас точності 0,5. Який одночасно служить ізоляцією вторинних кіл від високої первинної напруги, що в свою чергу дозволяє зробити роботу в електроустановках безпечнішою. Для комутації живлячих КЛ передбачено встановлення вакуумного високовольтного вимикача ВВЕЛ-10/630У2.

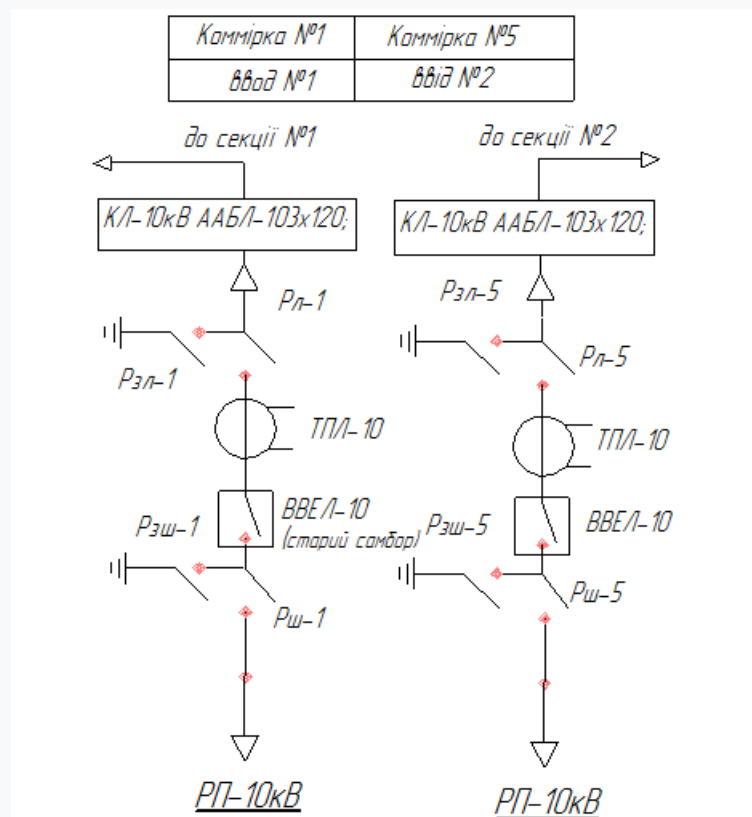


Рисунок 2.1 – Ввідні комірки 10кВ, №1 та №5 тягової одноагрегатної підстанції №19

Розподільче устаткування високої напруги являє собою РУ-10 кВ, від яких через понижуючі трансформатори та випрямляч електроенергія надходить на РУ-0,6кВ, а також на РУ-0,4 кВ власні потреб підстанції.

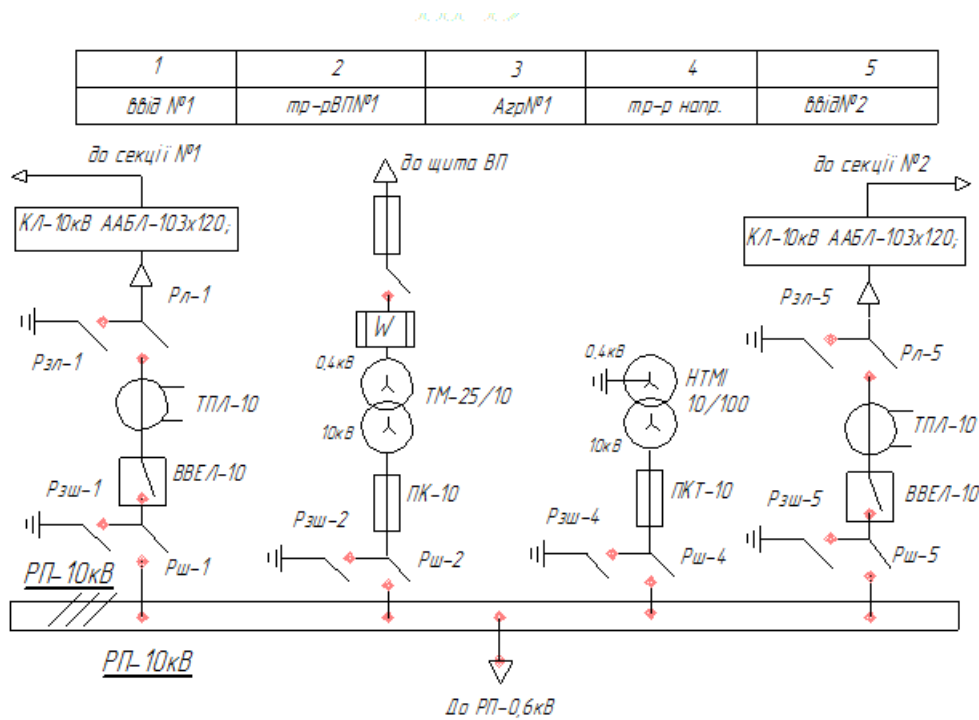


Рисунок 2. 2 – Організація РУ-10кВ тягової одноагрегатної підстанції №19

Заживлення власних потреб від РУ-10кВ виконується через силовий трансформатор ТМ-25 10/0,4 який захищається по стороні високої напруги захищається роз'єднувач + запобіжник ПК-10, а по стороні низької напруги автоматичним вимикачем.

Силовий агрегат тягової підстанції №19 виконаний перетворюючим трансформатором ТМПУ-2000 10/0,6кВ (1385 кВА), який заживлює випрямний блок ВАКЛЕ-2000/600. Випрямлячі та інвертори, використовуються на тягових підстанціях постійного струму для живлення РУ-0,6 кВ випрямленим струмом і для накопичення електроенергії, що виробляється при рекуперативному гальмуванні з мережі електротранспорту в загальну мережу змінного струму.

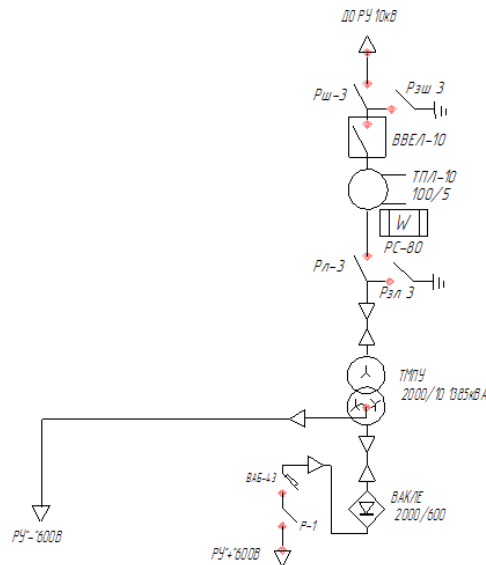


Рисунок 2.3 – Випрямний агрегат тягової підстанції №19

Розподільні пристрої низької напруги на ТП постійного струму РУ 0,6кВ виконаний двома шинами +0,6кВ та однією шиною -0,6кВ.

По мережам $\pm 600\text{В}$ передбачити монтаж живлячими кабелями чотирьох фідерів перерізом не менше 800мм^2 , зони живлення по фідерам: перший фідер: вул. Київська від вул. Стеценка до вул. Чорновола, вул. Ак. Янгеля; другий фідер: розділення ТП-1 Ф№1.

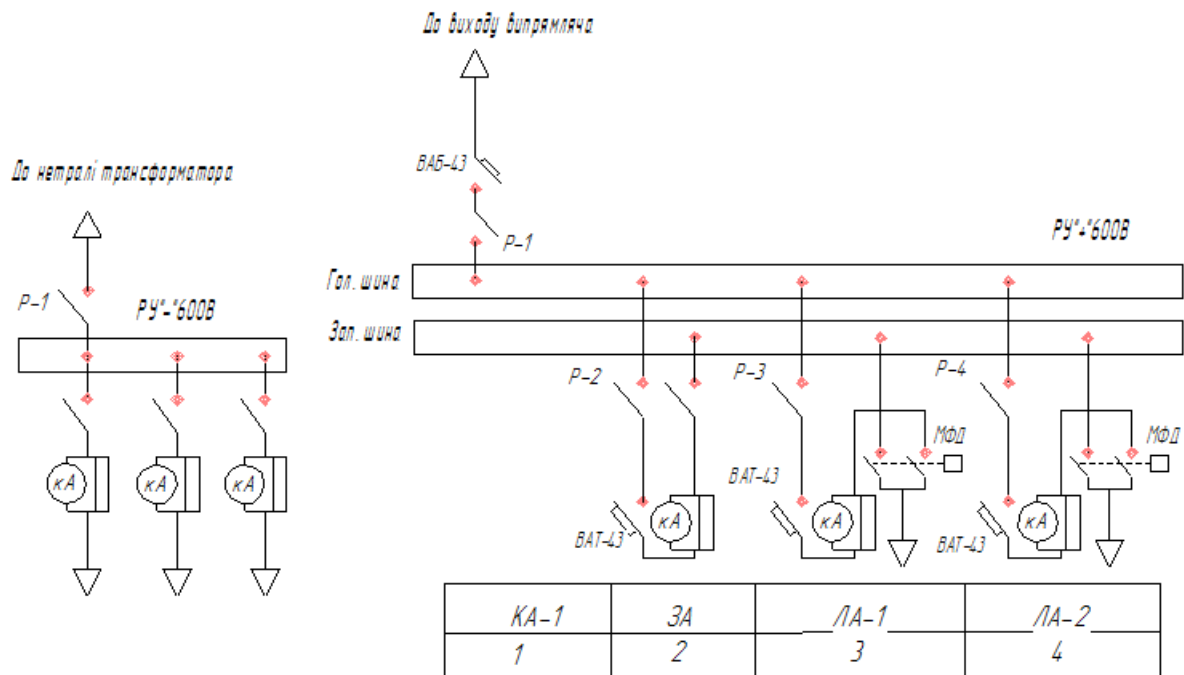


Рисунок 2.4 – РУ-0,6кВ ТП-19

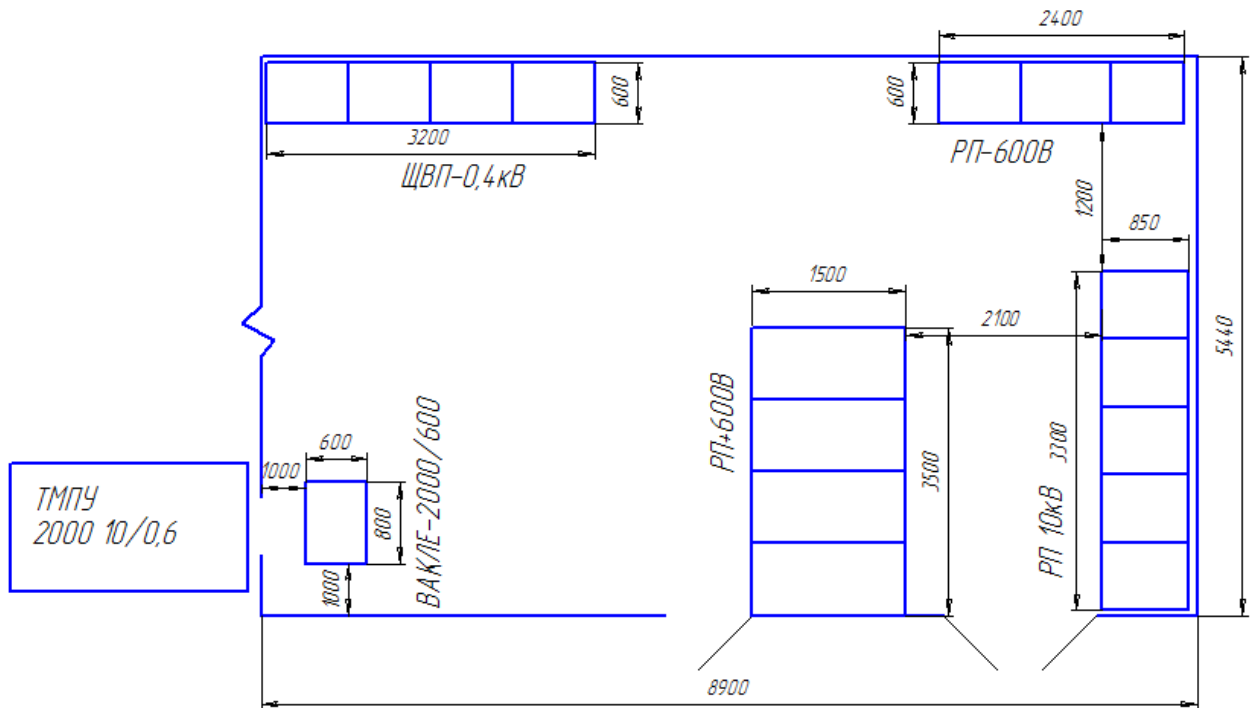


Рисунок 2.5 – План тягової підстанції №19

2.3 Розрахунок потужності ТП

Критерієм енергоефективної роботи тягової підстанції є забезпечення технічні вимоги щодо підвищення безперебійності та надійності електропостачання, шляхом застосування нового сучасного обладнання, що відповідає діючим міжнародним та національним вимогам якості та надійності [2].

Підвищення надійності здійснюється у зв'язку з вимогами надійності щодо міського електричного транспорту, який належить до 1-ї категорії споживачів електроенергії (п.2.7.2.1.2 «Правила експлуатації трамвая та тролейбуса»).

Потужність тягової підстанції по стороні 600В розраховують по випрямленому струму. Струм підстанції для нормального і вимушеного режимів визначають як суму струмів позитивних кабелів підстанції:

$$I_{\text{заг}} = I_n \cdot \quad (2.1)$$

Підсумуємо струми для нормального режиму роботи кабелів:

$$I_n = 1181,1(\text{A}).$$

Для вимушеного режиму (при централізованій системі) додають струми всіх кабелів причому одного кабелю - у вимушеному режимі, для всіх інших - в нормальному режимі. З усіх можливих варіантів вимушеного режиму вибирають найбільш важкий з точки зору завантаження устаткування [2].

Число агрегатів тягової підстанції централізованого постачання визначається за формулою:

$$n = \frac{I_n}{K_{зд} + I_{НОМ}} , \quad (2.2)$$

де I_n - номінальний струм агрегату, дорівнює 2000 А;

$K_{зд}$ - допустимий коефіцієнт завантаження агрегату, рівний 1,14.

$$n = \frac{1181,1}{1,14 + 2000} \approx 1 .$$

Коефіцієнт завантаження перетворювальних агрегатів КЗ тягової підстанції централізованої системи.

$$K_з = \frac{I_n}{(n-1) * I_{на}} , \quad (2.3)$$

де n - число агрегатів підстанції;

$I_{на}$ - номінальний струм агрегату підстанції, А.

$$K_з = \frac{1181,1}{(1-1) * 2000} = 0,6 .$$

В даному проекті використаємо випрямний агрегат типу ВАКЛІ 2000/600 в комплекті з трансформатором ТМПУ-2000. Технічні дані наведемо в табл. 2.4.

Таблиця 2.1 – Технічні дані випрямляючого агрегату

Випрямляючий агрегат ВАКЛІЕ 2000/600	
Номінальна потужність (S_n)	1385кВА
Напруга короткого замикання ($U_{кз}$)	6,6%
Втрати короткого замикання ($\Delta P_{кз}$)	16,9кВт
Втрати холостого ходу ($\Delta P_{хх}$)	3,88кВт

Трансформатор власних потреб вибирається по розрахунковій потужності струмоприймачів власних потреб з врахованим коефіцієнтом перевантаження трансформатора [2].

$$S_{н.с.н.} = k_c \cdot \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2} \text{ (кВА)}, \quad (2.4)$$

де $k_c = 0,8$

$$S_{н.с.н.} = 0,8 \cdot \sqrt{\sum 12^2 + \sum 4^2} = 10,12 \text{ (кВА)}.$$

Визначимо необхідну потужність трансформатора:

$$S_T \geq \frac{S_{н.с.н.}}{n \cdot K_3} \text{ (кВА)}, \quad (2.5)$$

де n - кількість трансформаторів = 1 шт.;

K_3 - коефіцієнт завантаження трансформатора = 1

$$S_T \geq 10,12 \text{ (кВА)}.$$

Приймаємо найближче номінальне значення трансформатора 10/0,4 кВ 25 кВА.

Таблиця 2.2 – Технічні дані ТВП

Трансформатор ВП ТМ 25 10/0,4кВ	
Номінальна потужність (S _н)	25 кВА
Номінальна напруга (U _{вн})	10 кВ
Номінальна напруга (U _{нн})	0,4 кВ

Визначимо фактичний коефіцієнт завантаження випрямного агрегату і порівнюємо його з допустимим коефіцієнтом[2].

$$K_{зд} > K_3, \quad (2.6)$$

$$1,14 > 0,6$$

Робоча потужність підстанції по стороні 600В (постійного струму)

$$PП = I_n * U_n, \quad (2.7)$$

де I_n - струм підстанції, А;

U_n - номінальна напруга на шинах підстанції, 600В.

$$PП = 1181,1 * 600 = 708,6 \text{ (кВА)}.$$

Встановлена потужність підстанції по стороні змінного струму:

$$S_{сум} = \sum_{k=1}^m S_{kch} + \sum_{i=1}^n S_{iya}, \quad (2.8)$$

де $S_{i\alpha}$ - встановлена потужність i -того агрегату, кВА; S_{KCH} - встановлена потужність k -того трансформатора власних потреб, кВА.

Трансформатором власних потреб вибираємо масляний трансформатор типу ТМ-25/10, $K_3 = 0,8$.

$$S_{\text{сум}} = 1 * 1385 + 1 * 25 = 1410(\text{кВА}).$$

Робоча потужність підстанції визначається з урахуванням реального коефіцієнта завантаження агрегату K_3 . Резервний агрегат підстанції при визначенні її робочої потужності не враховується

$$S_{pa} = S_{\alpha} + K_3, \quad (2.9)$$

де S_{α} - потужність одного встановленого агрегату, кВА.

$$S_{pa} = 1385 + 0,89 = 1232,65(\text{кВА}).$$

Робоча потужність підстанції

$$S_{\text{сум}} = \sum_{k=1}^m S_{kch} + \sum_{i=1}^n S_{ipa}, \quad (2.10)$$

$$S_{pn} = 1 * 1232,65 + 25 * 0,7 = 1250,15(\text{кВА}).$$

2.4 Розрахунок перетину контактної мережі і кабелів 600 В

Виходячи з навантаження на ділянках контактної мережі, виконують вибір кабелів і контактних проводів за економічною щільністю струму. Розрахунок проводиться для найбільш завантаженої ділянки. В даному проекті така ділянка четверта [2].

Найбільшого поширення для тягових мереж трамвая і тролейбуса отримали дроти МФ-100, перетином 100 мм². Обраний перетин контактних проводів необхідно перевірити за допустимою щільністю струму:

для нормального режиму 5 А / мм²;

для вимушеного режиму 7 А / мм².

Знаходимо еквівалентний струм $I_{\text{ек}}$, при нормальному режимі роботи, на самій завантаженої ділянці[2]

$$I_{\text{ек}} = \left(\sqrt{1 + \frac{3 * \beta + 1}{2n}} \right) * \frac{I_y}{\sqrt{3}}, \quad (2.11)$$

де n - частота руху на ділянці;

I_y - середній струм на ділянці, А;

v - квадрат відносного середньоквадратичного відхилення поїзного струму ($v = 1,2$ - для тролейбусів);

$$I_{ек} = \left(\sqrt{1 + \frac{3 * 1,2 + 1}{2 * 6,5}} \right) * \frac{825,5}{\sqrt{3}} = 554,5(A).$$

Визначаємо фактичну щільність струму J , А / мм² по формулі

$$j_4 = \frac{I_{ек4}}{K_y * 2 * q_n}, \quad (2.12)$$

де K_y - коефіцієнт зносу КП для тролейбуса = 0,92 [4];

q - переріз проводу марки МФ-100

$$j_4 = \frac{554,5}{0,92 * 2 * 100} = 3(A / мм^2).$$

Для мережі з незмінною лінійної щільністю струму, ефективні навантаження проводів контактної мережі, або кабелю для одностороннього живлення, при нормальному режимі знаходять за формулою [2].

$$I_{ек} = I_y * \left(\sqrt{1} + \left(1 - \frac{\sqrt{\beta}}{\sqrt{n}} \right) \right), \quad (2.13)$$

$$I_{e1} = 190,5 * \left(\sqrt{1} + \left(1 - \frac{\sqrt{1,2}}{\sqrt{1,8}} \right) \right) = 225,5 (A)$$

$$I_{e2} = 295,12 (A)$$

Оптимальні перетини контактних проводів і кабелів Se , визначаються за формулою:

$$Se = \frac{I_e}{J}, \quad (2.14)$$

де I_e - еквівалентна навантаження проводу або ефективна навантаження кабелю, А.

J -економічна щільність струму, прийнята рівною 1,35 А / мм² [4];

$$Se1 = 167 (мм^2);$$

$$Se2 = 218,6 (мм^2).$$

Кабель, від якого живиться контактна мережа, може бути пошкоджений, що викличе збільшення навантаження на сусідніх ділянках, і тоді живлячий кабель повинен працюватиме і в вимушеному режимі [2].

Знаходимо навантаження проводів контактної мережі при вимушеному режимі роботи:

$$I_{ек} = I_n + I_{мн}, \quad (2.15)$$

$$I_{ек1,2} = (195,5 + 240,9) = 436,4 \text{ (А)}$$

Перетин кабелів визначаємо при роботі КЛ в вимушеному режимі

$$S_{ек} = \frac{I_{ек}}{J}, \quad (2.16)$$

$$S_{ек1,2} = 582 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Живильні кабелі виконуються зазвичай у броні з двома алюмінієвими жилами. Для одностороннього живлення контактної мережі вибираємо кабель марки АСБ - 800 перерізом 800 мм². На деяких ділянках немає необхідності в подібному перетині (їх можна виконати і меншим перетином), як наслідок при аварії на ТП, або пошкодженні кабелю навантаження не викличуть пошкодження кабелю на сусідніх ділянках тому їх перевищення з компенсують сусідні ділянки.

2.5 Вибір електрообладнання РУ 600В

Розподільні пристрої випрямленого струму призначені для прийому електричної енергії, що надходить від перетворювального агрегатів, і розподілу її по відхідним від підстанції лініям, які живлять окремі ділянки контактної мережі [2].

Основним обладнанням розподільних пристроїв є вимикачі постійного струму, що встановлюються на всіх приєднаннях позитивних ліній і перетворювальних агрегатів, роз'єднувачі і перемикачі з приводами, а також позитивні і негативні збірні шини [2].

Мінімальний струм короткого замикання секційної ділянки знаходимо за формулою:

$$I_{кmin} = \frac{600}{2r_{пл} + 2r_{кс} + R_e}, \quad (2.17)$$

де $r_{пл}$ - загальний опір позитивних і негативних ліній живлення;

$r_{кс}$ - загальний опір ділянки контактної мережі;

R_e - еквівалентний опір перетворювального трансформатора і системи первинного живлення.

Знаходимо загальний опір позитивних і негативних ліній живлення по формулі:

$$r_{пл} = r_{0пл} * L_{кл}, \quad (2.18)$$

де $r_{0пл} = 0,039$ Ом/км;

$$r_{пл1} = 0,039 * 0,8 = 0,0312 \text{ (Ом/км)};$$

$$r_{пл2} = 0,039 * 1,2 = 0,0468 \text{ (Ом/км)}.$$

Загальний опір ділянки контактної мережі знаходимо за формулою

$$r_{кc} = r_{0кc} * L_{кc}, \quad (2.19)$$

де $r_{0кc} = 0,179$ Ом/км - фізичний опір 1км контактного проводу марки МФ 100;

$$r_{кc1} = 0,179 * 0,689 = 0,12 \text{ (Ом/км)};$$

$$r_{кc2} = 0,179 * 0,354 = 0,06 \text{ (Ом/км)}.$$

Знаходимо потужність кабелю по формулі

$$P_k = I_{кз} * U_{cp}, \quad (2.20)$$

де, $I_{кз} = 11$ кА - сталий струм короткого замикання на стороні 10 кВ;

$U_{cp} = 10,5$ В - середня напруга [4].

$$P_k = \sqrt{3} * 11 * 10,5 = 200,05 \text{ (кВ)}.$$

Знаходимо еквівалентний опір перетворювального трансформатора і системи первинного живлення за формулою:

$$R_e = 0,239 * (X_c + X_m), \quad (2.21)$$

де, X_c - опір системи первинного живлення;

X_m - опір перетворювального трансформатора

Знаходимо опір системи первинного живлення

$$X_c = \frac{3 * U_r^2}{P_k * 10^6}, \quad (2.22)$$

де $U_r^2 = 560$ В;

$$X_c = 0,0047 \text{ (Ом)}.$$

Знаходимо опір перетворювального трансформатора

$$X_T = \frac{3 * U r^2 * l_K}{P_H * 10^5}, \quad (2.23)$$

де = 66%

$X_T = 0,00044$ (Ом)

$R_e = 0,239$ ($0,0047 + 0,00044$) = 0,005 (Ом)

Мінімальний струм короткого замикання для всіх секційних ділянок

$$I_{Kmin} = \frac{600}{2 * 0,0312 + 2 * 0,12 + 0,005} = 1952(A).$$

де $I_{Kmin2} = 2745(A)$;

$I_{Kmin3} = 3740 (A)$;

$I_{Kmin4} = 1764 (A)$.

За результатами розрахунку вибираємо обладнання.

2.6 Розрахунок струмів короткого замикання

Для розрахунку струмів короткого замикання за розрахунковою схемою складаємо схему заміщення, в якій вказані опори всіх елементів і показані точки для розрахунку струмів короткого замикання. Генератори, трансформатори великої потужності, повітряні лінії, реактори представляємо в схемі заміщення їх індуктивними опорами, так як активні опори у багато разів менше індуктивних. Кабельні лінії 6-10 кВ в схемі заміщення представлені і індуктивним і активним опорами [2].

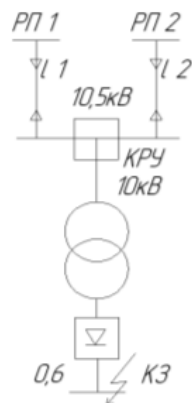


Рисунок 2.6 - Розрахункова схема

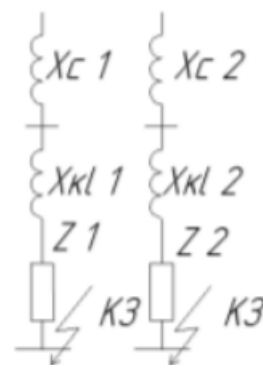


Рисунок 2.7 - Схема заміщення

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку струмів короткого замикання.

I _{пр1}	11кА
I _{пр2}	11кА
L1	4500м
L2	4500м
U _{ср}	10,5кВ

Використовуючи метод перетворення кола, знаходимо результуючий опір від джерела живлення до точки короткого замикання. При цьому розрахунок опору ведемо у відносних одиницях [2].

Значення індуктивного опору системи X_с, Ом

$$X_c = \frac{1,05 * U_{ср}}{\sqrt{3} * I_{\infty}}, \quad (2.24)$$

де I_∞ = I_{рп} номінальний струм системи, (А);

$$X_{c1} = 0,67 \text{ (Ом)};$$

$$X_{c2} = 0,67 \text{ (Ом)}.$$

Знаходимо опір кабельної лінії X_{кл}, Ом

$$X_{кл} = X_0 * L, \quad (2.25)$$

де X₀ - індуктивний опір 1 км лінії Ом / км (X₀ = 0,08Ом / км) [4];

L- довжина повітряної лінії, км;

$$X_{кл1} = 0,36 \text{ (Ом)};$$

$$X_{кл2} = 0,36 \text{ (Ом)}.$$

Знаходимо активний опір системи r Ом

$$r = c * \frac{L}{S}, \quad (2.26)$$

де, S - площа провідника рівна 120 мм² [4];

c - питомий опір провідника дорівнює 2,8 * 10⁻³, Ом [7];

$$r_1 = 0,000105 \text{ (Ом)};$$

$$r_2 = 0,000105 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо результуючий опір схеми X_{рез}

$$X_{рез} = X_c + X_{кл}, \quad (2.27)$$

$$X_{рез1} = 0,67 + 0,36 = 1,03 \text{ (Ом);}$$

$$X_{рез2} = 0,67 + 0,36 = 1,03 \text{ (Ом).}$$

Визначаємо повний результуючий опір схеми $Z_{рез}$

$$Z = \sqrt{X_{рез}^2 + r^2}, \quad (2.28)$$

$$Z1 = 1,03 \text{ (Ом);}$$

$$Z2 = 1,03 \text{ (Ом).}$$

Визначаємо струм короткого замикання

$$I_{но} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3} * Z}, \quad (2.29)$$

$$I_{но1} = 5,88 \text{ (кА);}$$

$$I_{но2} = 5,88 \text{ (кА).}$$

Ударний струм короткого замикання визначається за формулою

$$i_y = \sqrt{2} * K_y * I_{но}, \quad (2.30)$$

де, K_y ударний коефіцієнт струму короткого замикання ($K_y = 1,369$) [4];

$$i_y = 1,414 * 1,369 * 5,88 = 11,38 \text{ (кА).}$$

2.7 Вибір електрообладнання РУ 10кВ

Вибираємо вакуумний вимикач ВВЕЛ-10 і перевіряємо його за розрахунковими параметрами [2]

$$I_p = \frac{S_{мп}}{\sqrt{3} * 10}, \quad (2.31)$$

$$I_p = 80 \text{ (А).}$$

Номінальна потужність відключення обраного вимикача визначається за формулою

$$S_{ном.відкл} = U_n * I_{ном.відкл}, \quad (2.32)$$

$$S_{ном.відкл} = 125 \text{ (МВА).}$$

Термічна стійкість обраного вимикача визначається за формулою

$$I_t^2 * t = I_{ном.відкл}^2 * t_{вимк}, \quad (2.33)$$

де $t_{вимк}$ - час відключення апарату, рівний 8 с [8].

$$I_t^2 * t = 12,5^2 * 8 = 1200 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с).}$$

Розрахункова термічна стійкість визначається за формулою

$$I^2 * t_n = I_y^2 * t_n, \quad (2.34)$$

де t_n - час перехідного процесу, рівний 0,32 с [8];

$$I^2 * t_n = 12,5^2 * 0,32 = 50 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}.$$

Обраний вимикач підходить за всіма умовами.

Вибираємо роз'єднувач РВФ-10/630У і перевіряємо його за розрахунковими параметрами.

Таблиця 2.4 – Параметри роз'єднувача РВФ-10/630У

Параметри	Каталожні дані	Розраховані дані
Номінальна напруга	10кВ	10кВ
Номінальний довготривалий струм	630А	80А
Динамічна стійкість	52кА	17,6кА
Термічна стійкість	3200кА ² с	3,1кА ² с

Обраний роз'єднувач підходить за всіма умовами.

2.8 Вибір трансформаторів струму

Вибираємо трансформатор струму ТПЛ 10 і перевіряємо їх за розрахунковими параметрами. Технічні параметри трансформаторів струму та розраховані параметри представлені в таблиці 2.5 [2].

Таблиця 2.5 – Умови вибору трансформаторів струму

Параметри	Каталожні дані	Розраховані дані
Номінальна напруга	10кВ	10кВ
Номінальний довготривалий струм	100А	80А
Електрична стійкість	35.3кА	17,6кА
Термічна стійкість	20,25кА ² с	3,1кА ² с

Електрична стійкість визначається за формулою:

$$\text{Елек.Стік} = K * 1,41 * I_{\text{НОМ.А}}, \quad (2.35)$$

де K – кратність електродинамічної стійкості.

$$\text{Еле.стік.} = 250 * 1,41 * 100 = 35,3 \text{ (кА)}.$$

Термічна стійкість визначається за формулою:

$$\text{Дин.Стік} = (Kt * I_{\text{НОМ.А}})^2 * tm, \quad (2.36)$$

$$\text{Дин.стік} = (45 * 0,1)^2 * 1 = 20,25 \text{ (кА}^2\text{с)}$$

де Kt – кратність термічної стійкості, що дорівнює 45 [8];

tm – час термічної стійкості, рівне 1 секунді [8].

Обраний трансформатор струму підходить за всіма умовами.

2.9 Вибір ізоляторів

Вибираємо ізолятори і перевіряємо їх за розрахунковими параметрами. Технічні параметри ізоляторів і розраховані параметри представлені в таблиці 2.6 [2].

Таблиця 2.6 – Умови вибору ізоляторів

Параметри	Каталожні дані	Розраховані дані
Номінальна напруга	10кВ	10кВ
Допустиме зусилля на головку ізолятора	2250 Н	1549,8 Н

Найбільше розрахункове навантаження на головку опорного ізолятора визначається за формулою:

$$F_{\text{роз.}} = 1,7 * i_Y^2 * (L / a_0) * 9,81 * 10^{-7}, \quad (2.37)$$

де L - проліт між ізоляторами, рівний 90 см;

a_0 - відстань між осями шин, закріплених на ізоляторах, що складає 30 см;

$$F_{\text{роз.}} = 1,7 * 54002 * (90 / 30) * 9,81 * 10^{-7} = 1549,8 \text{ (Н)}.$$

Допустиме зусилля на головку ізолятора визначається за формулою

$$F_{\text{доп.}} = 0,6 * F_p, \quad (2.38)$$

де F_p - руйнівне зусилля, рівне 3,75 кН;

$$F_{доп.} = 0,6 * 3,75 = 2,25 \text{ (кН)}.$$

Вибрані ізолятори підходять за всіма умовами.

2.10 Вибір шин 10 кВ

Вибираємо шини АСПС АД31Т 50x5 і перевіряємо їх за розрахунковими параметрами. Технічні параметри шин і розраховані параметри представлені в таблиці 2.7 [2].

Таблиця 2.7 - Умови вибору шин 10 кВ

Параметри	Каталожні дані	Розраховані дані
Номінальна напруга	10кВ	10кВ
Максимальний розрахунковий струм	265 А	80 А
Перетин по термічній стійкості	250 мм ²	70 мм ²
Напруга в матеріалі шин	75 МПа	12,4 МПа

Мінімальний перетин по термічній стійкості визначається за формулою:

$$S_p = \frac{\sqrt{I_{\infty}^2 * t_{мер}}}{C_m}, \quad (2.39)$$

де C_m - коефіцієнт, що залежить від допустимої температури при короткому замиканні і матеріалу провідника, для алюмінієвих шин 88.

Найбільше розрахункове навантаження на шину визначається за формулою

$$F_{роз.} = * I_y^2 * (l / a_0) * 10^{-7}, \quad (2.40)$$

де l - проліт між шинами, рівний 120 см;

a_0 - відстань між фазами, що складає 30 см;

$$F_{роз.оп} = * 17,62 * (120 / 30) * 10^{-7} = 214,4 \text{ (Н)}.$$

Згинальний момент, який визначається за формулою

$$M = \frac{(F_{роз} * l)}{10}, \quad (2.41)$$

$$M = 25,71 \text{ (Н*м)}.$$

Момент опору перерізу залежить від форми і розташування шин, тому при розташуванні шин плазом момент опору визначається за формулою

$$W = \frac{(b * h^2)}{6}, \quad (2.42)$$

де b і h - розміри поперечного перерізу шини, см;

$$W = 2,08 \text{ см}^3.$$

Напруга в матеріалі шин від вигину визначається за формулою

$$U_{роз.} = \frac{M}{W}, \quad (2.43)$$

$$U_{роз.} = 12,4 \text{ (МПа)}.$$

Обрані шини підходять за всіма умовами.

2.11 Вибір високовольтного кабелю

Переріз жил кабелів вибирають з економічної щільності струму і перевіряють по нагріванню і термічній стійкості при КЗ. І визначають за виразом [2]:

$$FE = I_p / Je, \quad (2.44)$$

де I_p - розрахунковий струм кабелю в нормальному режимі роботи, А;

Je - економічна щільність струму, А / мм² рівна 1,35.

Величина струму в нормальному режимі роботи:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} * n * U_n}, \quad (2.45)$$

де S_p - розрахункове навантаження лінії з урахуванням втрат в трансформаторах

$I_p = 80 \text{ А}$).

Перетин жил кабелю з економічної щільності струму знаходимо за формулою:

$$I_p = \frac{80}{1,35} = 60 \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (2.46)$$

Приймаємо найближче більше стандартне перетин - ААБ-10-(3x70).

Для визначення перетину жил кабелів по нагріванню обчислюється найбільший розрахунковий струм I_{PM} в нормальному режимі і за таблицями вибирається стандартний перетин, що має допустимий струм [2]:

Величину I_{PM} кабелів, що живлять тягову підстанцію, можна знайти за формулою:

$$I_{PM} = 2 * SHT * K3 / (UH), \quad (2.47)$$

де SHT - сумарна номінальна потужність цехових трансформаторів, що живляться з даного кабелю, кВА;

$$I_{PM} = 1385 * 1,4 / (10) = 224,1 (A).$$

Приймаємо найближче більше стандартне перетин - ААБл-10 (3x120). Після розрахунку струмів КЗ в мережі 6-10 кВ перетину жил кабелів вибираються по термічній стійкості. В інженерних розрахунках мінімально допустимий переріз провідника за даним умові визначається за формулою [2]:

$$Fm = \sqrt{Bk} / C, \quad (2.48)$$

де Bk - теплової імпульс від струму КЗ;

C - розрахунковий коефіцієнт, що дорівнює $65 \text{ A} * \text{c} / \text{мм}^2$ [7].

Тепловий імпульс визначається за формулою

$$Bk = I_{no}^2 * (T_a + t_{отк.}), \quad (2.49)$$

де Bk - тепловий імпульс, А². с;

T_a - постійна часу аперіодичної складової струму КЗ;

$t_{отк.}$ - час відключення КЗ, с.

$$Bk = 1,072 * (0,025 + 0,01) = 40 (\text{кА}^2 * \text{с}).$$

Тоді мінімальний допустимий переріз провідника по термічній стійкості дорівнюватиме:

$$Fm = 6,3 * 10^3 / 65 = 97 (\text{мм}^2).$$

Приймаємо найближче більше стандартне перетин - ААБ-10-(3x120).

З трьох перевірок (економічна щільність струму, нагрів та термічної стійкості) приймається більший ААБ-10 (3x120) з перетином 120мм^2 і струмом рівним 240А.

2.12 Розрахунок заземлення

При розрахунку зовнішнього контуру заземлення необхідно в першу чергу використовувати природні заземлювачі, а якщо такої можливості немає тоді додавати штучні [2].

Як природні заземлювачі для занулення і заземлення електрообладнання підстанцій можна використовувати залізобетонні фундаменти будівель, пов'язані між собою металевими конструкціями. Дані для розрахунку наведені в таблиці 2.8 [2].

Таблиця 2.8 – Вихідні дані для розрахунку заземлення

Розміри ТП	14x18,3x7,5
Грунт	Глина
Питоме глини	40 Ом*м
Коефіцієнт сезонності (горизонт.)	2,5
Коефіцієнт сезонності (вертикал.)	1,15

Як штучні заземлювачі в першу чергу використовуються пруткові сталеві електроди діаметром 10 мм і довжиною 5 м. Опір одного стержня (r_0) визначається за формулою:

$$r_0 = 0,27 * C_{роз}, \quad (2.50)$$

де $C_{роз}$ - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом · м.

Розрахункова питомий опір ґрунту визначається за формулою

$$C_{роз} = K_C * c, \quad (2.51)$$

де K_C - коефіцієнт сезонності, для вертикальних електродів - 1,15 [1]

c - питомий опір ґрунту, однакову для глини 40 Ом * м. [1]

$$C_{роз} = 1,15 * 40 = 46 \text{ (Ом} \cdot \text{м)};$$

$$r_0 = 0,27 * 46 = 12,42 \text{ (Ом)}.$$

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів z визначається з відношення

$$z = \frac{r_0}{R_z * z}, \quad (2.52)$$

де z - коефіцієнт екранування, рівний 0,56 [1]

R_3 - нормований опір контуру заземлення, рівний 4 Ом [1];

$Z_B = 5,54$.

Опір заземлюючої смуги визначається за формулою:

$$r_z = \frac{2\ell^2}{bt}, \quad (2.53)$$

де $K_{сезв}$ - коефіцієнт сезонності, для горизонтальних електродів - 2,5 [2];

l - довжина смуги, $l = (14 + 18,3) * 2 = P_n + 8 = 64,6 + 8 = 72,6$ (м);

b - ширина смуги рівна 40 [2] мм;

t - глибина закладення, відповідна віддалі від поверхні землі до стрижня, що дорівнює 0,7 м;

$r_z = 3,225$ (Ом).

Опір смуги в контурі з 10 електродів [2]:

$$R_\Gamma = r_\Gamma / z_\Gamma$$

$R_\Gamma = 3,225 / 0,34 = 9,48$ (Ом).

Необхідний опір вертикальних заземлювачів (R_B) з урахуванням опору сполучної смуги знаходиться за формулою [2]:

$$R_B = \frac{R_2 * R_3}{R_2 - R_3}, \quad (2.54)$$

$R_B = 6,9$ (Ом).

Уточнена кількість вертикальних заземлювачів (N) з урахуванням коефіцієнта екранування визначається за формулою:

$$n_B = \frac{r_B}{R_B - \eta_B}, \quad (2.55)$$

$n_B = 3,22$.

Таким чином, остаточно приймаємо кількість вертикальних заземлювачів рівним 4.

2.13 Вибір трансформаторів напруги

Трансформатори напруги вибираються: по напрузі установки $U_{уст} = U_{ном}$;

за конструкцією і схемою з'єднання обмоток; по класу точності; по вторинному навантаженні $S_2 = S_{ном}$, де $S_{ном}$ – номінальна потужність в обраному класі точності, при цьому слід мати на увазі, що для однофазних трансформаторів, з'єднаних в зірку, слід взяти сумарну потужність всіх трьох фаз, а для з'єднаних за схемою відкритого трикутника - подвоєну потужність одного трансформатора [2];

S_2 - навантаження всіх вимірювальних приладів і реле, приєднаних до трансформатора напруги, ВА.

Для спрощення розрахунків навантаження можна не розділяти по фазах, тоді

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{ПРИС} * \cos\varphi_{ПРИС})^2 + (\sum S_{ПРИС} * \sin\varphi_{ПРИС})^2} = \sqrt{P^2_{ПРИС} + Q^2_{ПРИС}}. \quad (2.55)$$

Якщо вторинне навантаження перевищує номінальну потужність в обраному класі точності, то встановлюємо другий трансформатор напруги і частина приладів приєднують до нього [2].

Перетин проводів в колах трансформаторів напруги визначаються по допустимій втраті напруги. Згідно ПУЕ втрата напруги від трансформаторів напруги до розрахункових лічильників має бути не більше 1.5% при нормальному навантаженні [2].

Таблиця 2.9 – Перелік встановленого обладнання

№	Кількість	Перелік обладнання на ТП-19
1	5 шт	Комірки 10кВ (дві ввідні, одна агрегатна, одна тр-р напруги, одна власні потреби)
2	3шт	Вакуумні вимикачі ВВЕЛ-10
3	1шт	Силовий трансформатор перетворювального агрегату 10/0,6кВ
4	6шт	Тр-р струму
5	1шт	Тр-р напруги
6	1шт (п'ять секцій)	Шафа власних потреб
7	1шт	Секція перетворювально-випрямна ВАКЛЕ
8	1шт	Секція розподільчого пристрою постійного

		струму «+»600В (п'ять комірок) –
9	1шт	Секція розподільчого пристрою постійного струму «-» 600В (три комірки) – 1шт
10	3шт	Комутаційний апарат постійного струму(фідерний)
11	1шт	Комутаційний апарат постійного струму(катодний)

2.14 Висновок до розділу 2

Реконструкція тягової підстанції в районі перетину вул. Київська вул. Стрілецька дасть змогу:

- усунути вище зазначені недоліки по експлуатації електрообладнання а також суттєво знизить фінансові затрати на ремонт та заміну даного обладнання;

- ліквідує «мертві» зони, які існують на контактній мережі в даний час, це попередить аварійні обриви контактного проводу, які виникають внаслідок не спрацювання захисту фідерів, що в свою чергу суттєво зменшить кількість простоїв міськелектро транспорту на даних ділянках.

- забезпечити резервне джерело живлення зовнішнього електропостачання тягових підстанцій.

3 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА РОБОТИ АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ ВИЩИХ ГАРМОНІК

3.1 Створення математичної моделі для дослідження роботи фільтра

Задачею даного розділу роботи є побудова математичної моделі, практична реалізація якої дасть можливість суттєво покращити якість електроенергії за рахунок мінімізації впливу вищих гармонік на мережу. Зниження рівня спотворення вищими гармоніками в мережах СЕП є великою частиною задачі зниження впливу нелінійних навантажень на електромережу і як наслідок покращення якості електроенергії в СЕП [3].

Сладемо дослідну модель з таких елементів, як джерело змінного струму, силовий випрямляч та двигун постійного струму. Джерело живлення разом з живлячими лініями фактично являє собою електричну мережу ТП-19 змінного струму, струм і напругу якої спотворює силовий випрямляч [3].

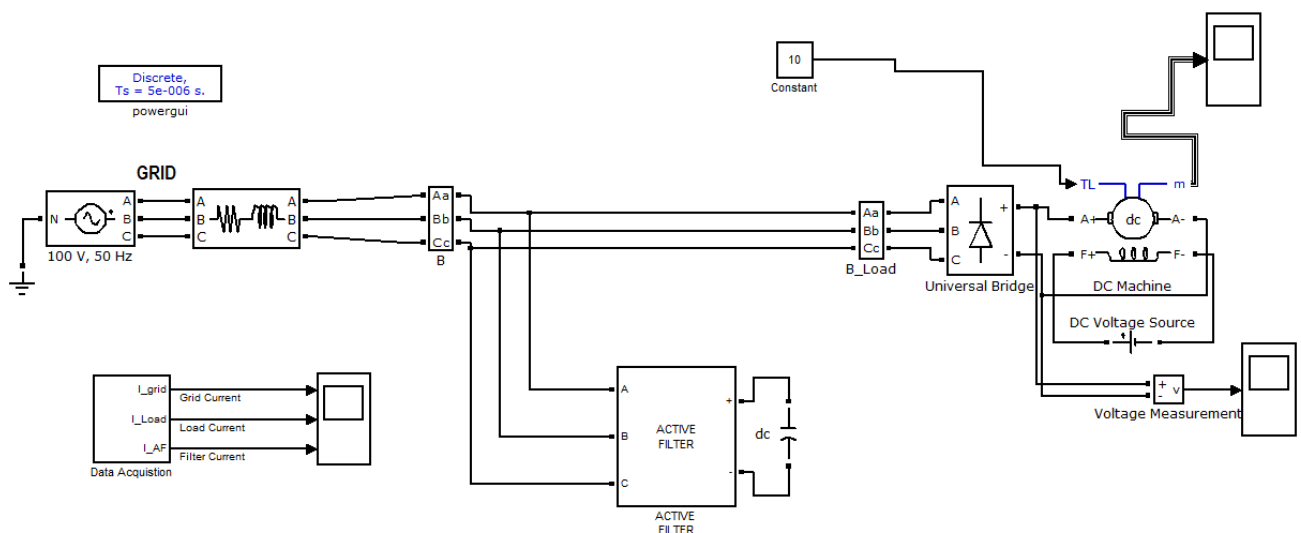


Рисунок 3.1 – Дослідна модель роботи активного фільтра на шинах випрямляча тягової підстанції.

Формули перетворення координат для d-q-складових напруги па шинах змінного струму мають такий вигляд [3]:

$$u_d = \frac{2}{3}(u_A \cos \theta + u_B \cos(\theta - 120^\circ) + u_C \cos(\theta + 120^\circ)); \quad (3.1)$$

$$u_q = -\frac{2}{3}(u_A \sin \theta + u_B \sin(\theta - 120^\circ) + u_C \sin(\theta + 120^\circ)); \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} u_A &= u_d \cos \theta - u_q \sin \theta; \\ u_B &= u_d \cos(\theta - 120^\circ) - u_q \sin(\theta - 120^\circ); \\ u_C &= u_d \cos(\theta + 120^\circ) - u_q \sin(\theta + 120^\circ); \end{aligned} \quad (3.3)$$

де θ - кут між нерухомою віссю А фазної системи координат і віссю d. Аналогічний вигляд мають формули для перетворення струмів.

Активна і реактивна потужності обчислюються за відомими формулами [3]:

$$P = (u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C); \quad (3.4)$$

$$Q = \frac{1}{\sqrt{3}}(u_A (i_B - i_C) + u_B (i_C - i_A) + u_C (i_A - i_B)). \quad (3.5)$$

У загальному випадку, коли перетворювач напруги несе і активне, і реактивне навантаження, зазначені співвідношення мають такий вигляд [3]:

$$P = 1,5 \cdot U_d I_{Td}; \quad (3.6)$$

$$U_q = U_{Пq} + X_p I_{Td}; \quad (3.7)$$

$$Q = 1,5 \cdot U_d I_q; \quad (3.8)$$

$$U_d = U_{Пd} - X_p I_{Tq}, \quad (3.9)$$

де U_d , U_q - d-q- складові напруги на шинах змінного струму; I_d , I_q - d-q- складові струму фазного реактора, $U_{Пd}$, $U_{Пq}$ - d-q- складові вихідної напруги перетворювача [3].

У режимі роботи перетворювача напруги з видачею або споживанням тільки реактивної потужності, процеси, що протікають в ньому, описуються рівняннями (8), (9). Ці рівняння покладені в основу загальної структури системи регулювання АФ, і вони ж визначають її основні алгоритми. З цих рівнянь можуть бути отримані наступні співвідношення [3]:

$$I_{q0} = \frac{2}{3} \cdot \frac{Q_0}{U_d}; \quad (3.10)$$

$$U_{rd} = U_d + X_p I_{q0}, \quad (3.11)$$

де Q_0 - необхідна величина реактивної потужності активного фільтра; I_{q0} - величина q -складової струму, що забезпечує навантаження по реактивній потужності, що дорівнює Q_0 ; U_{rd} - величина d -складової вихідного сигналу системи регулювання, при якій q -складова струму дорівнює I_{q0} [3].

З рівнянь (3.10), (3.11) випливає, що управління реактивною потужністю АФ має здійснюватися двома пристроями регулювання. Один з цих пристроїв - регулятор реактивної потужності (РПП) - за величиною заданої уставки Q_0 використовуючи виміряне напруги U_d , обчислює уставку q -складової струму I_{q0} відповідно до рівняння (3.5). Другий пристрій - регулятор струму (РС) - за рівнянням (3.11) обчислює величину керуючого сигналу, при якій q -складова струму дорівнює заданій величині I_{q0} [3].

Запропонована система регулювання виходить їх умови підтримки постійним напруги на конденсаторної батареї, встановленої в колі постійного струму (рис. 3.1).

Без прийняття спеціальних заходів ця напруга не залишається незмінною, перш за все, через внутрішні втрати в перетворювачі. Покриття втрат здійснюється за рахунок системи змінного струму. У зв'язку з цим система регулювання АФ додатково оснащується регулятором напруги конденсаторної батареї (РН-) [3].

Окрім РПП передбачений і регулятор напруги (РН ~), що підтримує постійне значення напруги на шинах змінного струму АФ, який складається з пропорційного і інтегрального каналів [3].

В роботі запропонований алгоритм фазового підстроювання сигналів управління, заснований на використанні проекції зображувального вектора напруги на шинах змінного струму на осі α і β . Цей алгоритм реалізований в перетворювачі координат (ПК) системи регулювання, який вимірює миттєві значення фазних напруг на шинах змінного струму АФ U_k ($k = a, b, c$), обчислює кут між віссю d системи dq координат і віссю A і далі здійснює перетворення напруги U_k і фазних

струмів трансформатора в їх (dq-складові). Це ж пристрій виконує зворотне перетворення (dq-складових вихідного сигналу системи регулювання U_{rd} і U_{rq} до фазних координат (U_{rk}). Сигнали U_{rk} безпосередньо використовуються для широтно-імпульсної модуляції сигналу несучої частоти [3].

Основні співвідношення для прийнятого АФ:

- амплітуда номінального фазного струму;
- постійна складова напруги на конденсаторі АФ в режимі видачі реактивної потужності, необхідна для нормальної роботи при максимальному значенні коефіцієнта модуляції 0,9 [3].

При виборі параметрів основного силового обладнання АФ враховувалися наступні взаємопов'язані складові:

- частота ШІМ;
- величина індуктивності фазного реактора;
- потужність фільтра на стороні змінного струму,

З погляду вибору параметрів реактора і фільтра велике значення має характер залежності найбільш істотних значень гармонік на виході перетворювача напруги.

Прийнята в роботі частота ШІМ АФ (1050 Гц) забезпечує симетрію по фазах напруги АФ за рахунок цілого числа періодів цієї частоти, що укладаються на інтервалі 120° частоти 50 Гц [3].

Рівняння для стаціонарного режиму АФ:

$$U_d = U_{pd} - X_s I_q, \quad (3.12)$$

$$U_q = U_{pq} + X_s I_d. \quad (3.13)$$

Отримані рівняння були використані в цифровій моделі АФ шляхом створення додаткових керуючих сигналів в системі регулювання.

3.2 Аналіз роботи активного фільтру вищих гармонік

Запустивши нашу модель в роботу в середовищі MATLAB Simulink отримаємо такі показники:

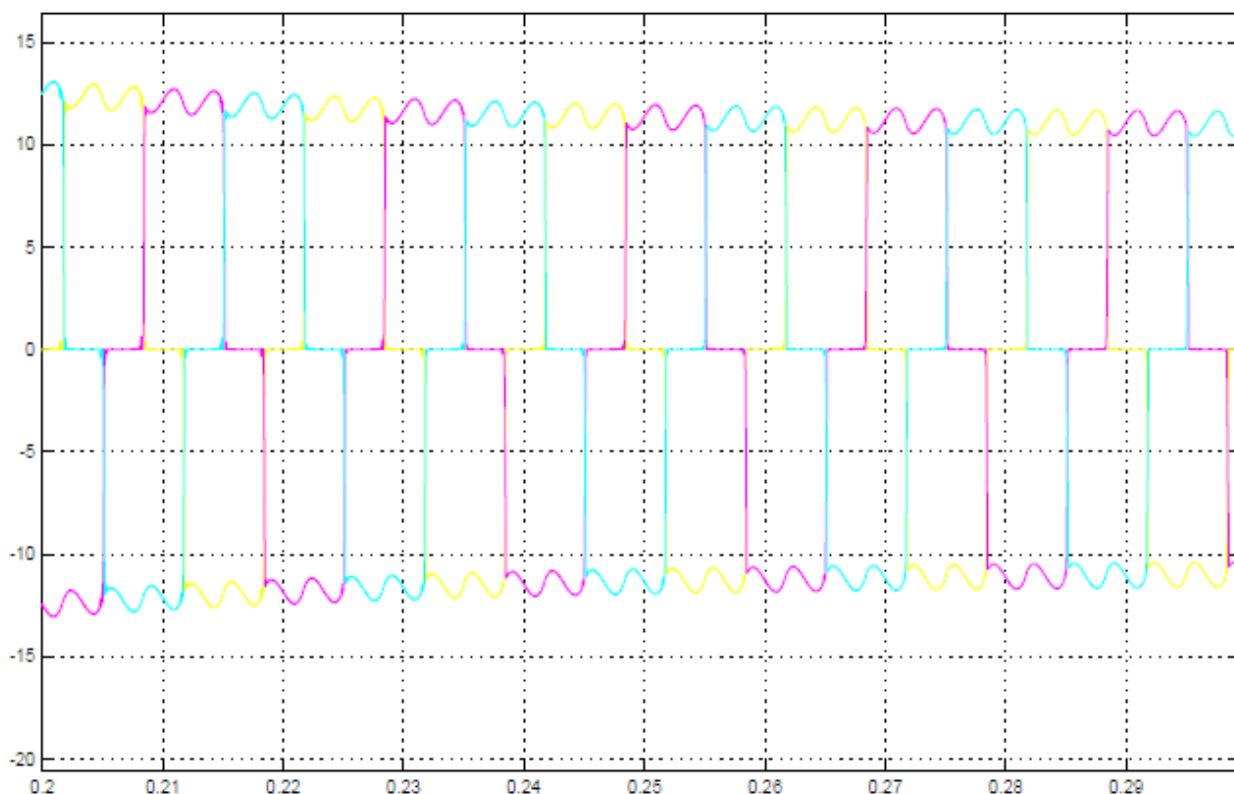


Рисунок 3.2 – Струми фаз що генерує випрямляч тягової підстанції

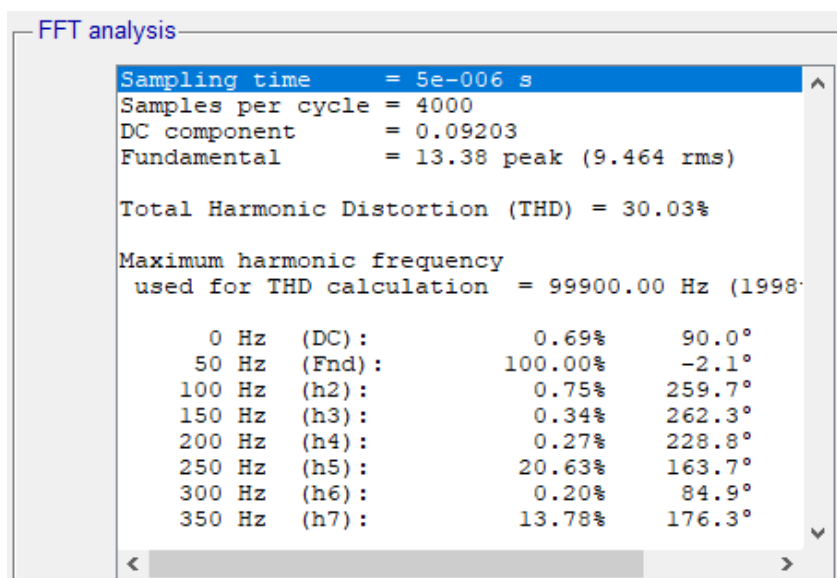


Рисунок 3.3 – Значення вмісту вищих гармонік в мережі

THD, (Коефіцієнт нелінійних спотворень) — величина кількісної оцінки нелінійних спотворень, яка дорівнює відношенню середньоквадратичної суми спектральних компонентів вихідного сигналу, відсутніх в спектрі вхідного сигналу, до середньоквадратичної суми спектральних компонентів вхідного сигналу [3].

Активний фільтер генерує в мережу ті самі гармоніки в протифазі, щоб при додаванні вони компенсувалися тому на виході випрямляча ми отримуємо значно кращі результати ніж до його встановлення.

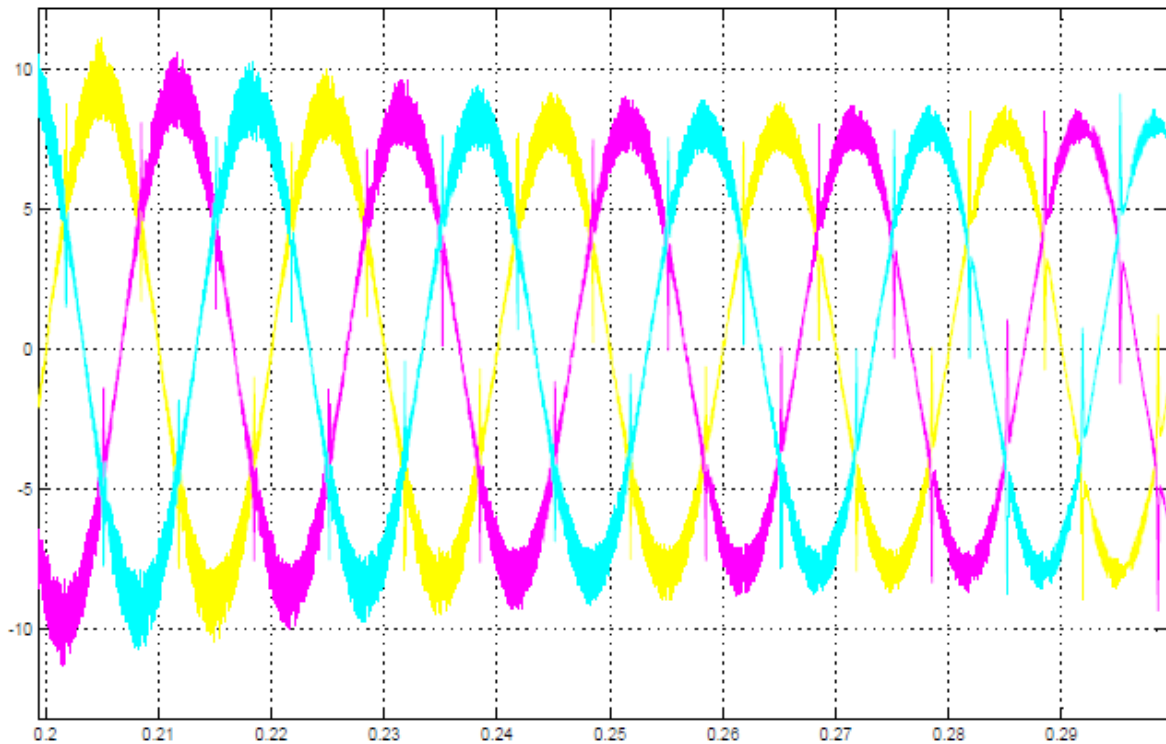


Рисунок 3.4 – Струми мережі після встановлення активного фільтра на шинах випрямляча тягової підстанції.

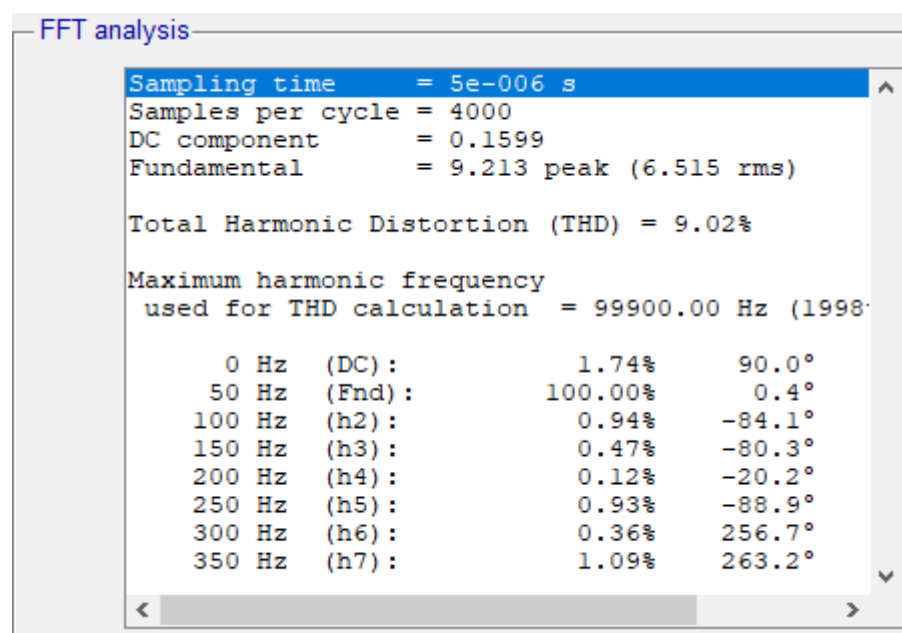


Рисунок 3.5 – Значення вмісту вищих гармонік в мережі змінного струму

3.3 Аналіз роботи СЕП в момент пуску та розгону двигуна

Також додатково розглянемо такі режими роботи навантаження в яких електричний транспорт міста працює кожного дня. Великий вплив на мережу електротранспорту мають пускові струми електродвигунів.

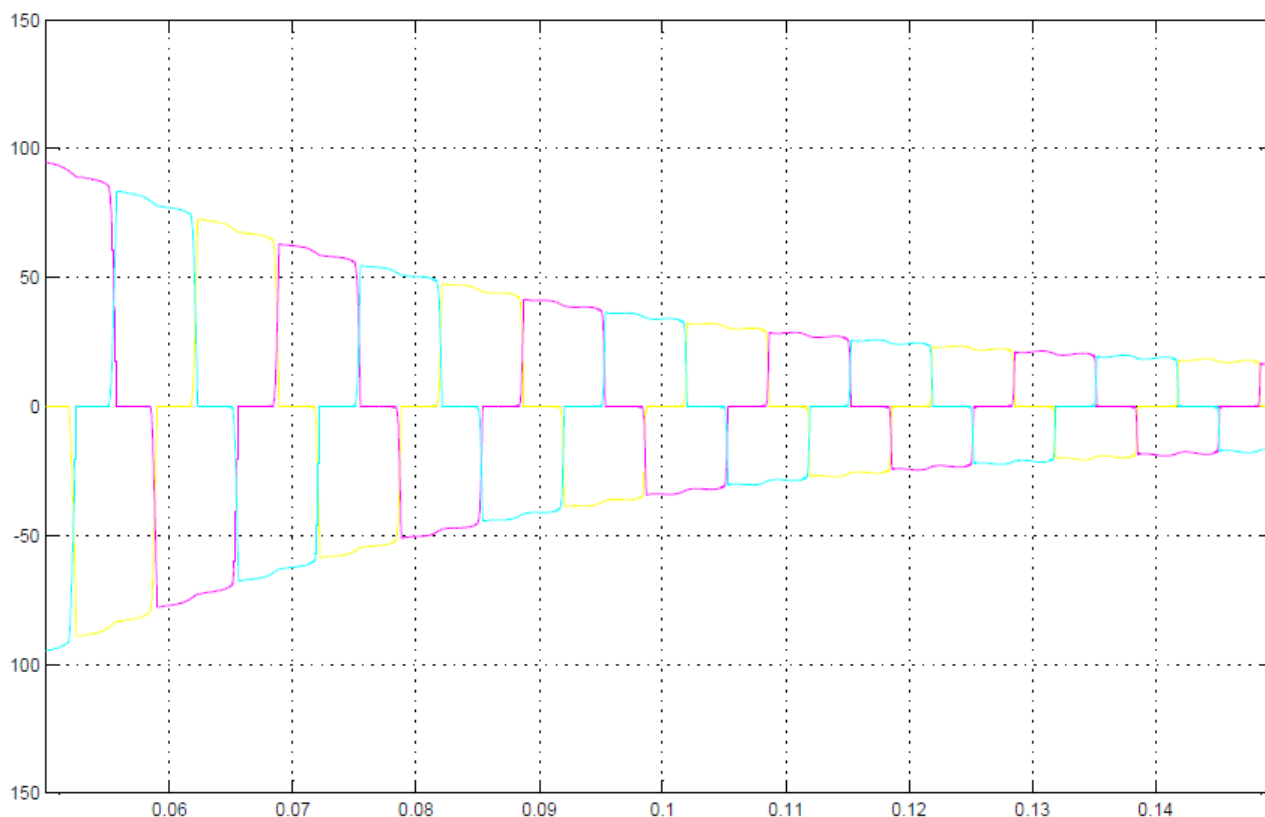


Рисунок 3.6 – Режим розгону двигуна без встановленого фільтра в системі

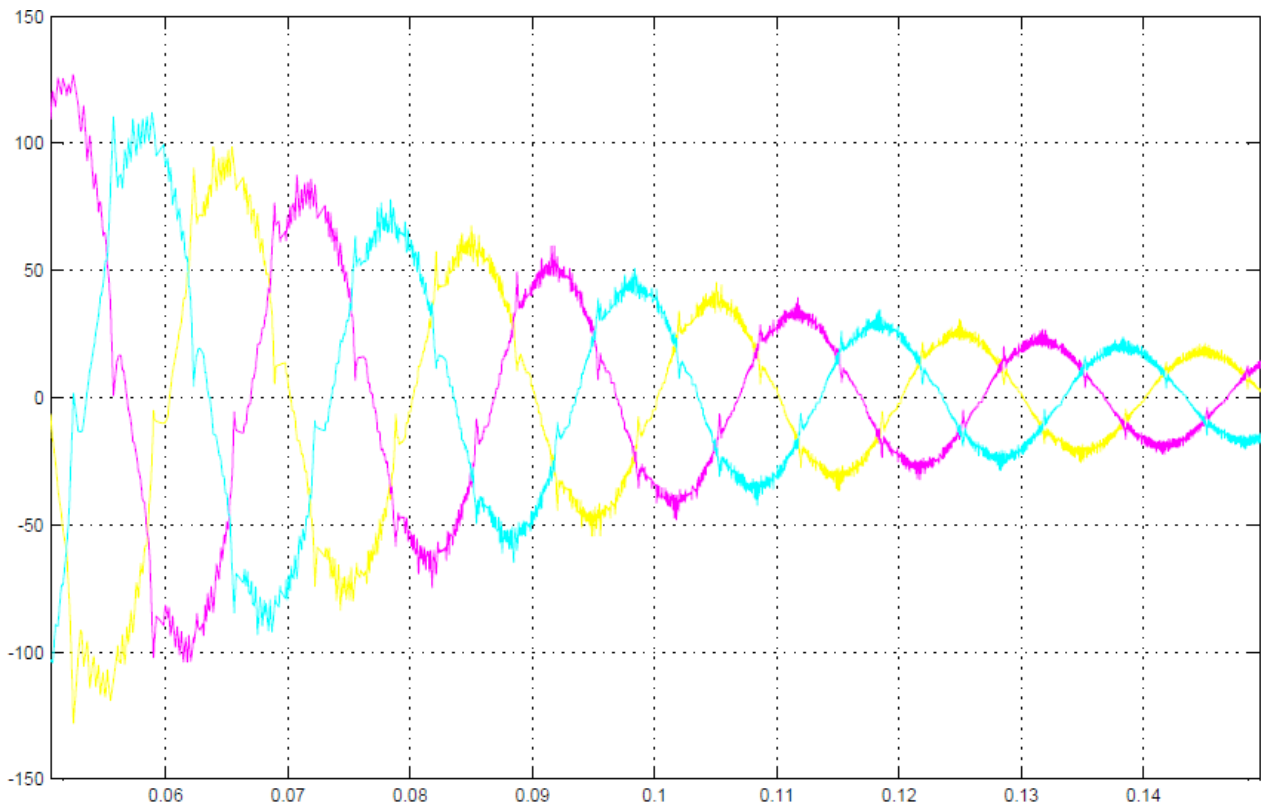


Рисунок 3.7 – Режим пуску при роботі силового активного фільтра

Рисунки 3.6 та 3.7 кардинально відрізняються один від одного формою пускових струмів.

3.4 Практична реалізація

Активний фільтр, що складається з трифазного мостового інвертора напруги на повністю керованих напівпровідникових елементах із зустрічно-паралельними діодами. Який з'єднано виходами з мережею через фазні реактори, ємнісного накопичувача на стороні постійного струму, системи управління, реалізованої на процесорі, що відрізняється тим, що встановлений додатковий полумостовий інвертор на повністю керованих напівпровідникових ключових елементах із зустрічно-паралельними діодами, паралельно з'єднаний з трифазним мостовим інвертором по стороні постійного струму і виходом підключений до нульової лінії мережі [3].

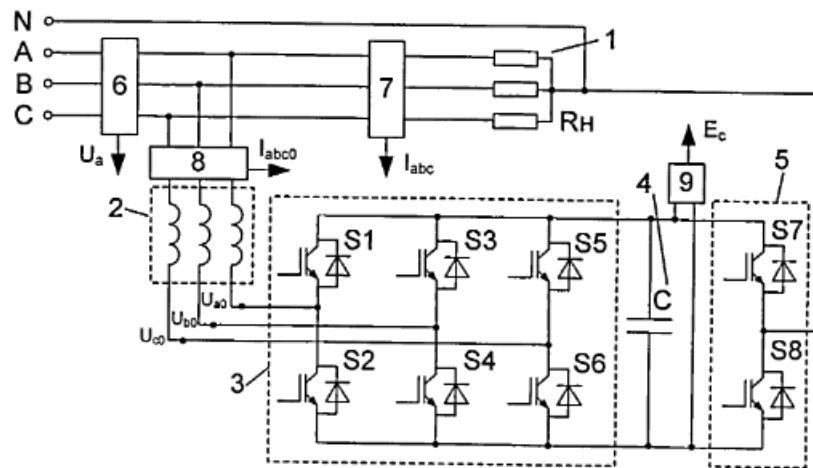


Рисунок 3.8 – Структурна схема активного фільтра

3.5 Висновки до розділу 3

У даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено дослідження впливу роботи активного фільтра вищих гармонік на якість електричної енергії в системі електропостачання тягової підстанції. Було створено електричну мережу - випрямляч - активний фільтр - навантаження і проведено моделювання режимів роботи даної СЕП в MATLAB Simulink.

Розроблена цифрова модель дозволяє досліджувати сталі і перехідні процеси в схемі електропередачі, що включає АФ, в тому числі вирішувати завдання оптимізації режимів роботи за рахунок підбору і корекції коефіцієнтів і алгоритмів його систем регулювання і управління.

Вдалося зменшити вплив 5 та 7 гармоніки з 20,63 та 13,78% відповідно до 0,93 та 1,09%. Коефіцієнт THD вдалось зменшити з 30 до 0,9%. Саме за рахунок встановлення активного фільтра якість електроенергії покращується.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА РОБОТИ

4.1 Економічні розрахунки збитків спричинених неякісними ПЯЕЕ.

Вищі гармоніки мають значні економічні наслідки: передчасне старіння обладнання означає необхідність його заміни раніше запланованого терміну, якщо в ньому з самого початку не був передбачений запас потужності. Перевантаження в розподільній мережі можуть привести до більш високих рівнів споживання енергії та збільшення втрат; спотворення форми кривої струму, здатне викликати помилкове спрацьовування автоматичних вимикачів, що може призводити до зупинки виробничого процесу [13,14].

Всього лиш десять років тому гармоніки ще не вважалися реальною проблемою, оскільки їх вплив на розподільні мережі було в цілому не такий значний значним. Однак масове впровадження силової електроніки в різні види обладнання призвело до того, що наявність гармонік стало серйозно позначатися у всіх секторах економічної діяльності.

Основними перешкодами, що ширяться мережами СЕП, є [13,14]: вищі гармонічні складові напруги (кратні і некратні головній частоті); несиметрія напруг, що характеризується як напруги зворотної та нульової послідовності; коливання напруги, що фактично означає різкі та часті її зміни; короткочасні провали напруги в мережі та такі ж самі підвищення їх ще називають викиди напруги а також імпульси напруги.

Три перші види перешкод можна вважати постійними оскільки вони присутні в мережі майже завжди, їх фактичні значення досить точно можуть бути обчислені базуючись на основі даних про структуру та режими роботи обладнання СЕП

Крім того, обладнання, що породжує такі гармоніки, часто є критично важливим для компанії або організації.

Найчастіше в трифазних розподільних мережах зустрічаються гармоніки непарного порядку. Зі збільшенням частоти амплітуди гармонік зазвичай знижуються. Гармоніки вище 50-го порядку мають незначну амплітуду, і подальші вимірювання не мають сенсу. Досить точні результати вимірювань виходять при вимірюванні гармонік до 30-го порядку.

Енергопостачальні компанії контролюють вміст 3-й, 5-й, 7-й, 11-й і 13-й гармонік в живильних мережах. В цілому, достатнім є усунення гармонік нижчих порядків (до 13-го). При більш ретельному контролі враховуються гармоніки до 25-ої включно.

Відповідно до вихідних даних по підстанції виконаємо перелік таких розрахунків [4]:

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.

Таблиця 4. 1 Перелік встановленого обладнання на ТП

№	Кількість	Перелік обладнання на ТП-19
1	5 шт	Комірки 10кВ (дві ввідні, одна агрегатна, одна тр-р напруги, одна власні потреби)
2	3шт	Вакуумні вимикачі ВВЕЛ-10
3	1шт	Силовий трансформатор перетворювального агрегату 10/0,6кВ
4	6шт	Тр-р струму
5	1шт	Тр-р напруги
6	1шт (п'ять секцій)	Шафа власних потреб
7	1шт	Секція перетворювально-випрямна ВАКЛЕ
8	3шт	Комутаційний апарат постійного струму
9	2 шт	Кабель силовий ААБл-10 3x120

1. Кількість вимикачів визначається відповідно до даної схеми (рис. 1.1) [4].

2. Оплату за спожиту електроенергію розраховують за одноставковим тарифом: 2 грн/кВт·год [4];

3. Прийняти норму амортизації – 6%,
4. Нарахування [4]:
 - в пенсійний фонд – 32%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

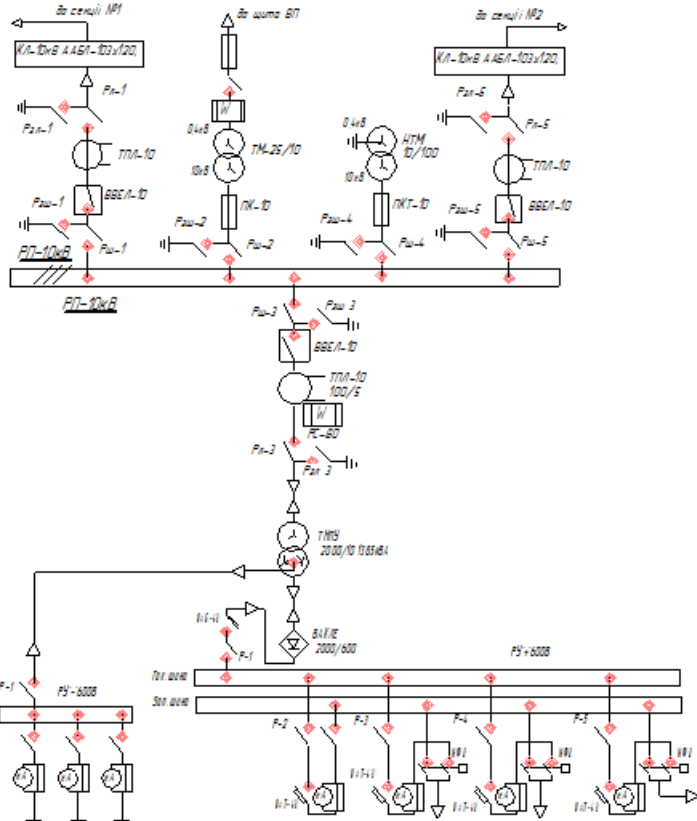


Рисунок 4.1 Однолінійна схема електропостачання ТП №19

Капітальні вкладення для ліній електропередач [4]:

$$K_{л} = (K_{пит} * n + K_{прок}) \cdot L, \quad (4.1)$$

де $K_{пит}$ - питома вартість на 1км лінії, тис. грн./км [4];

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

L - довжина лінії електропередач, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Визначимо вартість прокладання кабельної лінії від ГПП до ТП 19:

$$K_{л1} = (K_{пит} * n + K_{прок}) L = (47,82 \cdot 2 + 2,73) \cdot 4,5 = 443 \text{ тис.грн.}$$

Для інших ліній розрахунки виконуються аналогічно, результати розрахунків заносимо в табл. 4.2

Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	К _{пит} , тис.грн	К _{прок} , тис.грн	К _л , тис.грн
Кабель силовий ААБл-10 3х120	2	4,5	47,82	2,73	443
Кабель ППСРВМ 1х120	1	0,17	33,25	2,73	15,4
Кабель АВВГ 4х35	1	0,25	33,25	2,73	22,7
Кабель ВВГ 10х2,5	1	0,18	33,25	2,73	16,4
Провід ПВС 3х2,5	1	0,34	33,25	2,73	31
Провід ПВ-1 1х2,5	1	0,27	33,25	2,73	24,5
Всього					553

Таблиця 4.2 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Капітальні вкладення для електричних підстанцій будуть [4]:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.2)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї ТП, тис. грн. (табл. 2.7 і табл. 2.8 [4]);

$K_{\text{пост}}$ - 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 приймаємо у розмірі 20 % від повної вартості підстанції [4].

З табл. 2.7–2.8 [4] визначаємо величину капіталовкладень для трансформаторних підстанцій:

$$K_{\text{псі}} = 358,94 + 71,79 = 430,73 \text{ тис.грн.}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.3.

Тип тр-ра	Кількість т-рів	К _{од} , тис.грн	К _{пост} , тис.грн	К _{пс} , тис.грн
ТМПУ-1385	1	230,5	46,1	476,6
ТМ-25	1	25,6	5,12	30,72
НТМІ 10/100	1	15,5	3,1	18,6
Всього				506,7

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми кількість вимикачів 10 кВ – 3 шт, відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 70 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 3 \cdot 70 = 210 \text{ тис. грн.}$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 553 + 506,7 + 210 = 1270 \text{ тис. грн.}$$

4.2 Розрахунок поточних витрат.

Першим етапом виконаємо розрахунок потреби в робочій силі, для цього порахуємо трудомісткість робіт [4]:

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

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.3)$$

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

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. (табл.2.12 [4]);

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт [4].

Для схеми, ТП №19 трудомісткість ремонту вимикачів 10кВ, люд.-год./рік:

$$T = 1 \cdot 20 \cdot 2 = 40.$$

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.4.

Слід зазначити, що норми тривалості міжремонтних періодів і пов'язана з ними розрахункова кількість ремонтів за рік, розроблені для енергоустаткування, яке працює в двох змінах, тобто при $K_{\text{зм}}=2$. При іншій змінності вводиться поправочний коефіцієнт β_p , який знаходимо за табл. 2.15 [4].

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

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.4)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{пр}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год. (табл. 2.13 [4]);

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

h – кількість обладнання в групі.

Для вимикачів 10 кВ, люд-год/рік:

$$T_{то} = 12 \cdot 20 \cdot 0,1 \cdot 2 \cdot 3 = 144.$$

Далі проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.5.

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикачі 10кВ	3	1	20	40	12	2	48
ТМПУ-1385	1	0,33	120	198	12	20	1200
ТМ-25	1	0,33	100	237,6	12	20	267
Кабельні лінія	7	1	30	380	1	11,5	93
Випрямна ВАКЛЕ	1	1	120	150	12	1	45
Разом				1005			1653

Таблиця 4.4 Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикачі 10кВ	3	2	0,1	12	96	144
ТМПУ-1385	1	2	0,1	12	720	960
ТМ-25	1	2	0,1	12	72	960
Кабельні лінія	7	2	0,1	12	916	1012

Випрямна ВАКЛЕ					490,17	524,22
Разом					2294,17	3600,22

Таблиця 4.5 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість.

Якщо ремонтний персонал виконує лише поточні ремонти, то його чисельність [4]

$$H_{np} = \frac{T_{np}}{\Phi_d \cdot K_{в.н}}, \quad (4.5)$$

експлуатаційні робітники, чол.:

$$H_{обс} = \frac{T_{обс}}{\Phi_{обс} \cdot K_{в.н}}, \quad (4.6)$$

де T_{np} – річна планова трудомісткість поточного ремонту, люд·год;

Φ_d – дійсний (ефективний) фонд часу роботи одного робітника за рік; приймається рівним 1850-1900 год [4];

$K_{в.н}$ – плановий коефіцієнт виконання норм для даної категорії робітників. При розрахунках приймаємо для ремонтного персоналу $K_{в.н} = 1,10$, а для експлуатаційного - $K_{в.н} = 1,05$ [4];

$T_{обс}$ – річна планова трудомісткість технічного обслуговування з урахуванням витрат праці на огляди, люд·год [4].

Знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол [4]:

$$H_{обс} = \frac{3600,22}{1900 * 1,1} = 1,7$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{обс} = \frac{1005}{1900 * 1,05} = 0,5.$$

Приймаємо $H_{тр} = 2$ чол., $H_{обс} = 1$ чол.

Розрахунок витрат по заробітній платі

Для розрахунку оплати праці експлуатаційних робітників рекомендується використовувати погодинно-преміальну систему, а для ремонтного персоналу – відрядно-преміальну. Преміювання експлуатаційних робітників здійснюється за безаварійну і надійну роботу енергообладнання та мереж, економію енергоресурсів,

компенсацію реактивної потужності. Ремонтний персонал преміюється за високоякісне і своєчасне виконання ремонтних робіт [4].

Величина премії (відповідно до категорій енергоперсоналу) може бути прийнята в розмірі 20 і 25%.

Фонд прямої заробітної плати:

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

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d. \quad (4.7)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

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

де K3, K4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [4];

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

$$C_I = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.9)$$

де Z_{min} – мінімальний розмір заробітної плати;

$k_{r,i}$ – тарифний коефіцієнт робітника i-го розряду;

Φ_H – номінальний місячний фонд робочого часу ($\Phi_H = 22 \cdot 8 = 176$ год).

$$C_I = 3500 \cdot 1 / 176 = 19,88 \text{ грн./год.}$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 19,88 = 24,353 \text{ грн./год.};$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 1,7 \cdot 0,5 \cdot 24,353 \cdot 1900 = 39330,1 \text{ грн./рік};$$

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

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.10)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5) / 2) \cdot C_I, \quad (4.11)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, (табл. 1.1) [4].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36) / 2) \cdot 19,88 = 26,14 \text{ грн./год};$$

$$\Phi_p = 1005 \cdot 26,14 = 26270,7 \text{ грн./рік.}$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0,05+0,01+\alpha), \quad (4.12)$$

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

0,01 – частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 – частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 39330,1 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 51522,43 \text{ грн./рік,}$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 26270,7 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 34414,617 \text{ грн./рік.}$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік [4]:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15; \quad (4.13)$$

$$\Phi_{оед} = 367296,81 \cdot 1,15 = 59250,8 \text{ грн./рік;}$$

$$\Phi_{орд} = 34414,617 \cdot 1,15 = 39576,87 \text{ грн./рік.}$$

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 [4].

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

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100}\right); \quad (4.14)$$

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

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

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

Відповідно розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 59250,8 * \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 79988,58 \text{ грн./рік};$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 39576,87 * \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100}\right) = 53428,78 \text{ грн./рік}.$$

Показник		Заробітна плата
Ф _е	Заробітна плата експлуатаційного персоналу	39330,1 грн.
Ф _р	Заробітна плата ремонтного персоналу	26270,7 грн.
Ф _{оє}	Величина основної ЗП експлуатаційного персоналу	51522,43 грн.
Ф _{ор}	Величина основної ЗП ремонтного персоналу	34414,617 грн.
Ф _{оєд}	Основний фонд ЗП експлуатаційного персоналу	59250,8 грн.
Ф _{орд}	Основний фонд ЗП ремонтного персоналу	39576,87 грн.
С _{зпе}	Витрати по ЗП експлуатаційного персоналу	79988,58 грн.
С _{зпр}	Витрати по ЗП ремонтного персоналу	53428,78 грн.

Таблиця 4.6 – Розрахунок витрат по заробітній платі

Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Розрахунок необхідної на рік кількості основних матеріалів для усіх видів ремонтів і технічно енергетичного обслуговування устаткування та мереж розробляється на основі трудомісткості і існуючих норм витрат матеріалів (табл. 2.19) [4]. Якщо на окремі види матеріалів норми відсутні, то потрібно розробити їх самостійно і затвердити.

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

Необхідні дані для розрахунку беремо з табл. 2.19 та 2.20 [4], результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування		Вартість матеріалу, грн.	
Силові трансформатори		630	1000	630	1000
Сталь сортова, кг	13,38	6	6	80,3	80,3
Провід установлюваний, м	5,55	0,5	0,5	2,7	2,7
Мідь-алюміній (гола), кг	124,6	62	62	7726,4	7726,4
Картон електроізоляційний, кг	60,08	1,4	1,4	84,1	84,1
Лакотканина (ширина 700мм), м	166,6	0,2	0,2	33,3	33,3
Кабельний папір, кг	49,1	0,6	0,6	29,4	29,4
Стрічка кіперна, кг	600,8	40	40	24034,2	24034,2
Стрічка тафтяна, кг	446,3	18	18	8034,8	8034,8
Стрічка азбестова, м	13,1	0,05	0,05	0,6	0,6
Лаки ізоляційні, кг	71,8	1,5	1,5	107,8	107,8
Емалі ґрунтові, кг	78,8	2,5	2,5	197,1	197,1
Масло трансформаторне, кг	24,3	0,58	0,58	14,1	14,1
Бензин, кг	12,3	0,7	0,7	8,6	8,6
Розчиники кг	34,8	0,8	0,8	27,8	27,8
Маслостійка гума, кг	89,3	0,4	0,4	35,7	35,7
Гума профільна, кг	89,3	0,13	0,13	11,6	11,6
Припій олов'яно-свинцевий, кг	850,6	0,02	0,02	17,01	17,01
Припій мідно-фосфорний, кг	158,1	0,03	0,03	4,7	4,7
Електроди, кг	29,3	0,15	0,15	4,4	4,4
Засоби кріплення, кг	37,4	2	2	74,8	74,8
Дріт кручений,	4,8	0,3	0,3	1,4	1,4
Матеріали обтиску, кг	48,7	0,4	0,4	19,4	19,4
Разом:				40551,07	40551,07
Кабельні лінії					
Сталь сортова, кг	13,3	2		26,7	
Електроди, кг	29,3	0,1		2,9	
Разом:				29,7	

Таблиця 4.7 Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_m = 0,01 \times \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right) \quad (4.15)$$

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,

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

Отже, вартість матеріалів, потрібних на ремонт [4]:

$$C_{мп} = 0,01 \cdot (198 \cdot 40551,08 + 237,6 \cdot 40551,08 + 6,08 \cdot 251,84) = 176655,805 \text{ грн/рік};$$

і вартість матеріалів, потрібних на технічне обслуговування:

$$C_{мто} = 0,01 \cdot (3600 \cdot 40551,08 + 4032 \cdot 40551,08 + 6,08 \cdot 976,184) = 1883251,38 \text{ грн/рік}.$$

Назва обладнання	Вартість витрат матеріалів на 100 норм.год	Ремонт		Обслуговування	
		Загальна трудомісткість ремонтів	Вартість витрат матеріалів грн.	Загальна трудомісткість обслуговування	Вартість витрат матеріалів грн.
ТМ-25	40551	198	802098	3600	145983600
ТМПУ-1385	40551	237,6	9634917,6	4032	163501632
Кабелі	6,08	251,84	1531,2	976,184	5935,2
Всього витрат на матеріали			176655,8		1883251,3

Таблиця 4.8 – Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Отже, можна розрахувати витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік [4]:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.16)$$

$$C_{обс} = 79988,58 + 1883251,3 = 1963239 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мп}, \quad (4.17)$$

$$C_{пр} = 53428,78 + 176655,8 = 230084,6 \text{ грн/рік}.$$

Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.18)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 1270000 = 76200 \text{ грн/рік.}$$

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 [4]:

$$C_{ip} = \beta_{ip} (C_{обс} + C_{пр} + C_a), \quad (4.19)$$

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (1963239 + 230084,6 + 76200) = 567381 \text{ грн/рік.}$$

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

Стаття витрат	Величина витрат, грн.	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації обладнання	2453479,7	60,75
Витрати на поточний ремонт	241165,8	5,97
Витрати на амортизацію	536259,54	13,27
Інші витрати	807726,25	20
Разом	4038631,29	100

Таблиця 4.9 Кошторис річних поточних витрат

Висновки з матеріалу, що був розглянутий вище, робимо висновок, що при невідповідності рівнів показників якості електричної енергії вимогам Державного стандарту з'являються негативні впливи на споживачів. Ці впливи залежать від характеру викривлення кривої напруги. Вони можуть проявлятися сумісно або роздільно, постійно або стрибкоподібно [4].

Але практично завжди вони ведуть до збитків. Збитки, які обумовлені низькою якістю електричної енергії, мають дві складових: електромагніту та технологічну. Електромагнітна складова визначається зростанням втрат енергії та зменшенням терміну службі електрообладнання. Технологічна складова збитків зумовлена впливом якості напруги на продуктивність технологічних установок і на

собівартість продукції (технологічні збитки складають до 90-92% усіх збитків і вміщені в собівартість продукції). [4],

Таким чином, поліпшення якості електричної енергії – це один з шляхів рішення проблеми енергозбереження.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У магістерській роботі розробляються заходи з підвищення якості електроенергії в системі електропостачання КП «ВТК». На підприємстві передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці. Усі металеві неструмоведучі 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, що впливають на електромонтерів, які обслуговують обладнання підприємства, у відповідності з прийнятою класифікацією за ГОСТ 12.0.003-74:

фізичні:

- підвищена чи понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- підвищена та понижена швидкість руху повітря;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- підвищена та понижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- недостатність природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якої може відбутися через тіло людини;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;

психофізіологічні небезпечних та шкідливих виробничих фактори:

- фізичні перевантаження (статичні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 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 зі струмопровідною підлогою в цехах.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

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

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

2) При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

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

Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

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.

5.1.2 Заходи з безпечного виконання робіт по обслуговуванню електродвигунів

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 роботі на електродвигуні напругою вище 1000 В або механізму, який він приводить в рух, зв'язаній з доторканням до струмоведучими або обертаючими частинами, з електродвигуна повинна бути знята напруга.

В електроустановках вище 1000 В з кожної сторони, звідки до комутаційних апаратів може бути подана напруга на робоче місце, повинен бути видимий розрив, який створений від'єднанням або зняттям шин та проводів, відключенням роз'єднувачів, зняттям запобіжників, а також відключенням від'єднувачів та вимикачів навантаження, за винятком тих, у яких автоматичне включення здійснюється пружинами, встановленими на самих апаратах.

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 ізолюваним проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає наряд (розпорядження).

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

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

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

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

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

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

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

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [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 Іа.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с

Теплий Холодний	Середньої важкості Па	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

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

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

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

5.2.2 Виробниче освітлення

Природне освітлення

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення - освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО. КПО - відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Характеристика зорової роботи - роботи середньої точності;

Розряд - VIII;

Підрозряд зорової роботи - а;

Контраст об'єкту розпізнавання - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Характеристика фону - незалежно від характеристик фону і контрасту об'єкту з фоном;

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна. Нормовані значення КЕО для будинків визначаються за формулою:

$$e_n = e_n \cdot m = 1,5 \cdot 0,75 = 1,2 \% , \quad (5.2.2)$$

де e_n - значення КЕО для будинків;

m - коефіцієнт сонячності клімату - 0,75, вікна зорієнтовані на схід.

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання. Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення -освітлення, яке створюється світильниками, концентруючими світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

- загальне 75лк;

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

Штучне освітлення в приміщенні цеху забезпечується світильниками типу РСП08×250 (однолампові) з лампами ДРЛ-250.

5.2.3 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (5.2.3)$$

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 5.2- Рівень звукового тиску

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

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

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

шумові вентилятори.

5.2.4 Виробничі вібрації

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

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

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

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

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

Таблиця 5.3 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості.

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 пружнодемпферуючою основою.

5.2.5 Психофізіологічні фактори

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

Фізичні навантаження.

Робоча поза: Періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах і т. ін.) від 10% до 25% часу зміни; знаходження в позі стоячи від 60% до 80% часу зміни.

Сумарна маса вантажів, що переміщуються протягом кожної години зміни: з робочої поверхні (чоловіки): до 1500

Нахили корпуса (вимушені, більше 30), кількість за зміну: 101 –300

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

По горизонталі: до 12

По вертикалі: до 8

Інтелектуальні навантаження: Рішення складних завдань з вибором за відомим алгоритмом (робота за серією інструкцій)

Зміст роботи: Сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів, Обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання, Робота в умовах дефіциту часу

Сенсорні навантаження:

Тривалість зосередженого спостереження (в % від часу зміни) 51 -75

Щільність сигналів (світлових, звукових) та повідомлень в середньому за годину роботи 176–300

Кількість виробничих об'єктів одночасного спостереження 11-25

Навантаження на зоровий аналізатор (Спостереження за екранами відеотерміналів (годин на зміну) 3-4

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) Розбірливість слів та сигналів від 70% до 50%

Навантаження на голосовий апарат (сумарна кількість годин, що наговорюються протягом тижня) 20-25

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності. Значущість помилки – Несе відповідальність за функціональну якість основної роботи (завдань). Вимагає виправлень за рахунок додаткових зусиль всього колективу (групи, бригади та ін.)

Ступінь ризику для власного життя

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб

Монотонність навантажень:

Кількість елементів (приймів), необхідних для реалізації простого завдання або в операціях, які повторюються багаторазово 5-2

Тривалість виконання простих виробничих завдань чи операцій, що повторюються (сек.) 24-2

Монотонність виробничої обстановки (час пасивного спостереження за технологічним процесом в % від часу зміни) 91-95

Режим праці

Фактична тривалість робочого дня (год.) 10– 12

Змінність роботи Тризмінна робота (робота у нічну зміну)

Наявність регламентованих перерв та їх тривалість Перерви нерегламентовані або недостатньої тривалості до 3% часу зміни.

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях.

Дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії загрозливих чинників НС

Стійкість об'єктів електроенергетики у надзвичайних ситуаціях є важливою в мирний і в воєнний час з точки зору роботи промислового комплексу та обороноздатності держави. Один із самих уразливих елементів електричних систем

це відкриті лінії електропередач, так як це обладнання відкритого типу постійно зазнає впливу різних факторів і дуже уразливе при дії екстремальних природних явищ. Тому для забезпечення надійної роботи ліній електропередач необхідно забезпечувати її захист різними пристроями в залежності від виду впливів.

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

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

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

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

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи СЕП КП в цих умовах приймається таке максимальне значення дози опромінення елементної бази, при якому в елементній базі можуть виникнути зміни, але СЕП ще буде працювати з необхідною якістю. Максимально допустимі значення потужності дози елементів СЕП наведені в таблиці 5.4.

№	Блок	Елементи блоків СЕП	$P_{гр,i}$ (Р/год)	$P_{гр}$ (Р/год)
1	БЖ	Транзистори КТЗ102В	10^5	10^4
		Діоди загального призначення S1M	10^5	
2	БП	Конденсатори SMD1206 Inf, 16V	10^6	
		Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	10^6	
3	БКП	Мікросхеми PIC16F877	10^4	
		Діелектрики GTP15	10^4	

Таблиця 5.4 - Максимально допустимі потужності дози СЕП.

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

2. Для дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ($p_{гр}$) за наступною формулою:

$$P_{гр} = K \times p_{гр} \times K_{пос}, \quad (5.3.1.1)$$

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

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

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

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

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

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

$$D_m = \frac{2P_{ep} (\sqrt{t_K^2} - \sqrt{t_{II}^2})}{1}, \quad (5.3.1.2)$$

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

Отже система електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» буде працювати безпечно в умовах іонізуючих випромінювань.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах дії електромагнітного імпульсу

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

$$K_{\sigma} = 20 \lg \frac{U_{\delta}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{дБ}, \quad (5.3.2.1)$$

де U_{δ} - допустиме коливання напруги живлення;

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

Спочатку визначається допустиме коливання напруги живлення:

$$U_{\delta} = U_{жс} + \frac{U_{жс}}{100} \cdot N, \quad (5.3.2.2)$$

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

Шляхом підстановки числових даних в (5.4) отримується:

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

Визначається максимально очікувана напруга в горизонтальних лініях[20]:

$$U_B = \frac{U_{\delta}}{10^{\frac{K}{20}}} \quad (5.3.2.3)$$

Після підстановки числових даних:

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

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

$$U_B = E_{\Gamma} \cdot l_B. \quad (5.3.2.4)$$

Отже, E_{Γ} визначається:

$$E_{\Gamma} = \frac{U_B}{l_B}. \quad (5.3.2.5)$$

Після підстановки числових даних в формулу (5.3.2.5):

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

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

$$E_{\Gamma} = 10^{-3} \cdot E_B. \quad (5.3.3.6)$$

Тоді E_B буде:

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

5.3.3 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання КП «Вінницька транспортна компанія» в умовах надзвичайних ситуацій

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

Розрахуємо товщини захисних екранів:

$$t = \frac{A}{5,2 \cdot \sqrt{f}}, \quad (5.3.3.1)$$

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

Для блоків системи електропостачання:

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

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

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

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

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи щодо підвищення якості електроенергії Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія» проведено розрахунок системи електропостачання тягової підстанції ТП №19 міста для живлення електротранспорту. На основі проведених розрахунків прийняті наступні рішення:

Визначена кількість, потужність та місце розташування ТП агрегату та ТП власних потреб підстанції. Було вибрано одноагрегатну ТП з ТМПУ 2000/10 та ВАКЛЕ 2000/600 1385кВА випрямлячем. Також було обрано оптимальний переріз кабельних ліній живлення. Підстанція буде живитися від ГПП Пневматика кабельними лініями 10 кВ марки ААБЛ-10 3x120 мм² L = 4,5 км. А також обрано для захисту підстанції від струмів КЗ та перенавантаження обраний вакуумний вимикач ВВЕЛ-10 та обрано необхідне обладнання для надійної роботи СЕП.

В науковому розділі роботи проведено аналіз ефективності роботи мережі шляхом впровадження активного фільтру вищих гармонік, що дозволить значно покращити якість електроенергії. Результати дослідження підтвердили, що забезпечення більш точного аналізу гармонійного складу досліджуваного сигналу при наявності нелінійних навантажень в системі електропостачання вимагає включення в групи гармонік проміжних спектральних ліній. При наявності нелінійних спотворень в електричній мережі найбільш точним методом їх усунення є застосування активних фільтрів. Ефективне підвищення точності проведення гармонійного аналізу може бути досягнуто при попередньому очищенні сигналу від шуму з подальшим аналізом (на відміну від застосування віконних функцій з подальшим ДПФ).

Розрахована також економічна частина проекту та визначено величину капітальних та експлуатаційних вкладень у підстанцію.

В розділі охорони праці здійснено опис та нормування будівлі за категоріями по санітарії та електробезпеці. А також виконано оцінку стійкості роботи СЕП в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

Проведені розрахунки забезпечують надійне електропостачання підстанції.

Розроблені комп'ютерні моделі можуть використовуватись як при проектуванні нових мереж міського транспорту а також в учбовому процесі кафедри ЕСЕЕМ при вивченні дисциплін “Електропостачання”, “Спеціальні питання електропостачання”, “САПР в електроспоживанні”.

При виконанні дипломного проекту були дотримані вимоги ПУЕ, ПТЕ та інших нормативних документів щодо надійності та якості електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Підвищення якості електроенергії за рахунок застосування фільтрів вищих гармонік, МКР. Паянок О.А (кер. Грабко В. В). Вінниця – 2005.
2. Тягові підстанції електричного транспорту, Конспект лекцій, Нем В.К. Скуріхін В.І. Сидоренко В.Ф. 2011.
3. Николаев А. В. Разработка принципов управления статическим компенсатором (СТАТКОМ) и исследование его работы на подстанциях переменного и постоянного тока. Автореф. дисс. к.т.н. спец. 05.14.02. С.-Пб., 2005.
4. Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник / О. Д. Демов, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 92 с.
5. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.
6. ГОСТ 14209-97 «Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов».
7. ГОСТ 839-80 «Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия».
8. 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».
9. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник.- 2-е вид., перероб. і доп. Бурбело М.Й. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148с.
10. РТМ 36.18.32.4-92 – «Методика расчёта электрических нагрузок».
11. Электроснабжение: учебное пособие по дипломному проектированию / Л.С. Синенко, Т.П. Рубан, Ю.П. Попов.– Красноярск : ИПК СФУ, 2008.
12. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.

13. ГОСТ 12.0.003-74 – «Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».
14. ДНАОП 0.03-3.01-71 – «Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий».
15. ГОСТ 12.1.008-83 - «Шум. Общие требования безопасности».
16. ГОСТ 12.1.012.-90 - «Система стандартов безопасности труда. Вибрационная безопасность. Общие требования».
17. 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.
18. ГОСТ 12.0.003 – 74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы.
19. ГОСТ 12.1.030 – 81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
20. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
21. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
22. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
23. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго" [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees>
24. Кабельно-провідникова продукція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189>
25. Застосування АСКОЕ для керування СЕП, Науково технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки, Станіславов Б. П. Шулле Ю. А.

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



УЗГОДЖЕНО

Відділ
кадрів

Код 03327935
м. Вінниця

2018р.

ЗАТВЕРДЖЕНО
Зав. кафедри ЕСЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ ” 2019р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Підвищення якості електроенергії в системі електропостачання Комунального
підприємства «Вінницька транспортна компанія»

08-17.МКР.017.00.000 ТЗ

Науковий керівник:

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

_____ (підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ – 18м

Станіславов Б.П.

_____ (підпис)

Вінниця 2019 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № ____ від ____ . ____ .19р.

Дата початку роботи ____ . ____ .19р.

Дата закінчення роботи ____ . ____ .19р.

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

а) мета – Підвищення якості електроенергії в системі електропостачання Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»;

б) призначення розробки – виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР:

генплан підприємства (об'єкта); відомості про особливості технологічних процесів та навколишнього середовища (внутрішнього та зовнішнього); відомості про електричні навантаження підприємства (цеха, об'єкта, ділянки, приміщення)

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

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

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

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

3.4 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.

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

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

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

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

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

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

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

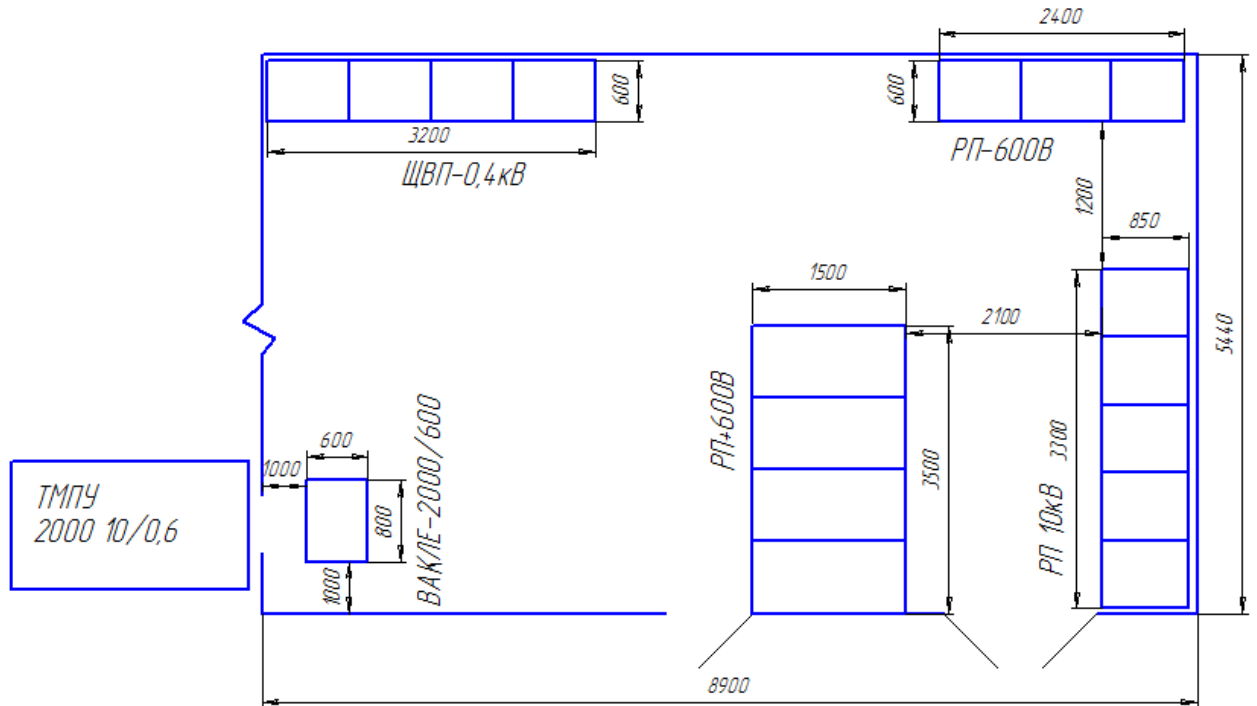
7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б – План підстанції із розміщенням обладнання

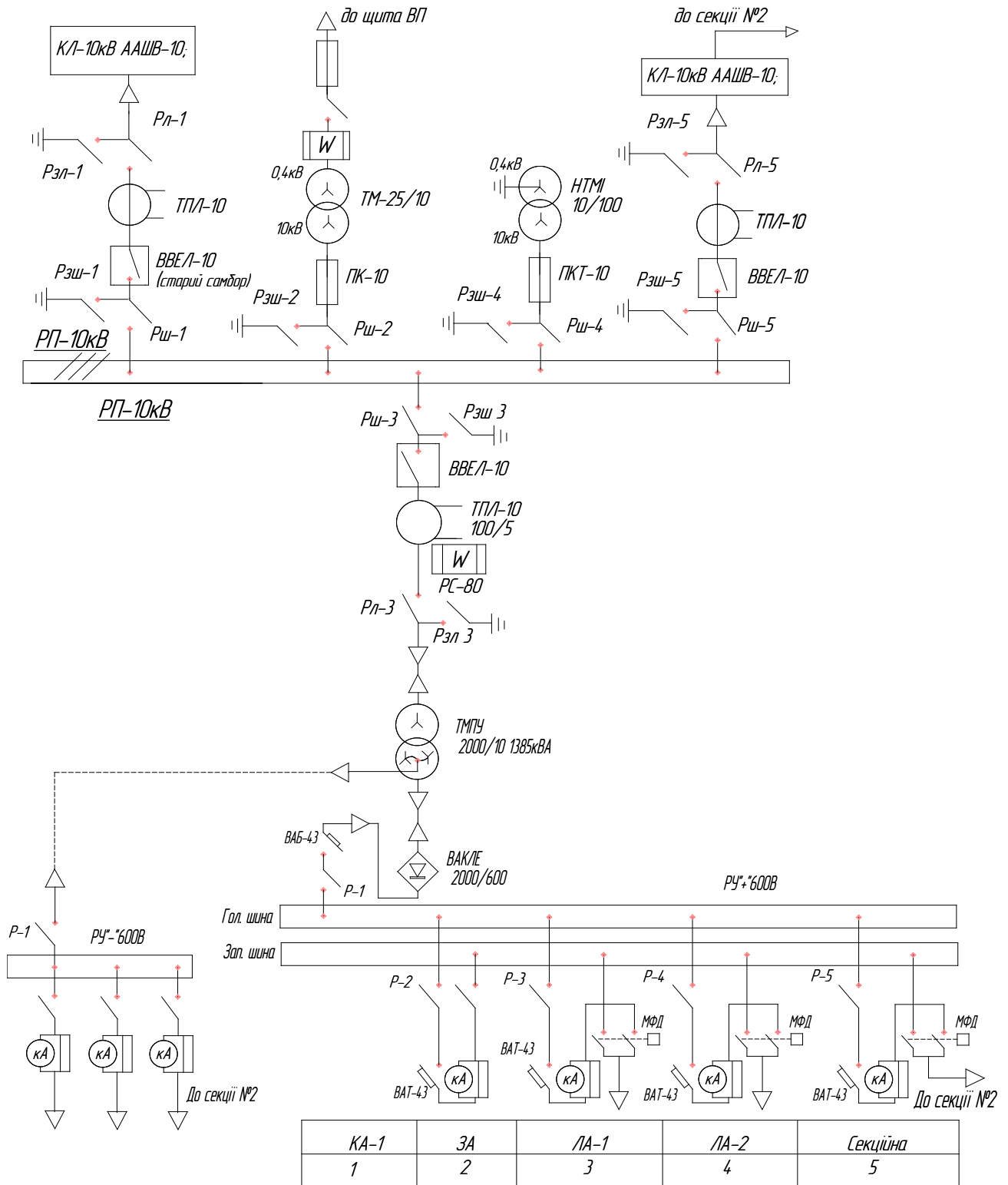


Таблиця 1. Розрахунки навантажень струму та падіння напруги по ТП

ТП Ф№	Ік/з Струм короткого замикання (А)	Іуст. Струм захисту (А)	Падіння напруги (В)	
			Робочий режим	Вимушений режим
ТП1 Ф№1	1600	1800	110	190
ТП4 Ф№1	1250	1800	110	220
ТП12 Ф№2	1500	1800	100	180
ТП21 Ф№1	1400	1500	90	190

Додаток В – Однолінійна схема електропостачання Однолінійна схема ТП-19

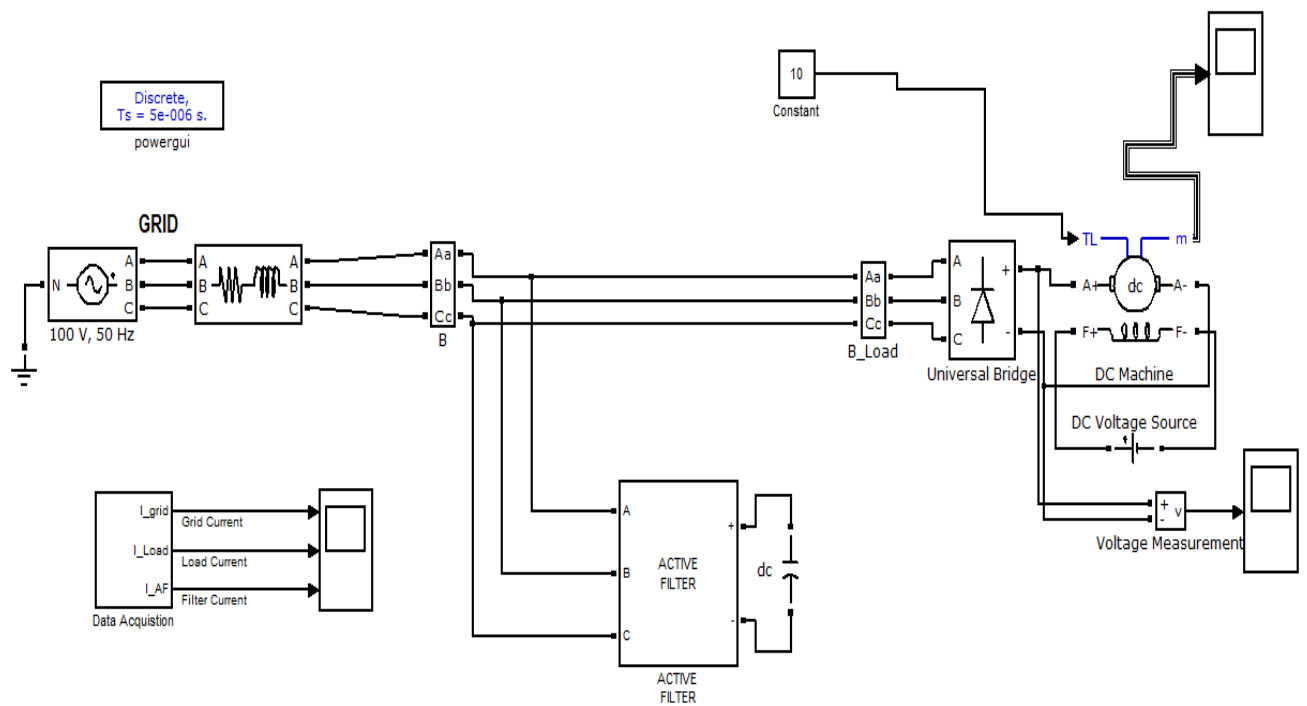
1	2	3	4	5
ввод №2	тр-рВП№1	Азр№1	тр-р напр.	секційна



Додаток Г – Перелік встановленого обладнання

№	Кількість	Перелік обладнання на ТП-19
1	5 шт	Комірки 10кВ (дві ввідні, одна агрегатна, одна тр-р напруги, одна власні потреби)
2	3шт	Вакуумні вимикачі ВВЕЛ-10
3	1шт	Силовий трансформатор перетворювального агрегату 10/0,6кВ
4	6шт	Тр-р струму
5	1шт	Тр-р напруги
6	1шт (п'ять секцій)	Шафа власних потреб
7	1шт	Секція перетворювально-випрямна ВАКЛЕ
8	1шт	Секція розподільчого пристрою постійного струму «+»600В (п'ять комірок) –
9	1шт	Секція розподільчого пристрою постійного струму «-» 600В (три комірки) – 1шт
10	3шт	Комутаційний апарат постійного струму(фідерний)
11	1шт	Комутаційний апарат постійного струму(катодний)

Додаток Д – Дослідна модель роботи активного фільтра на шинах випрямляча тягової підстанції.



Додаток Ж Матеріали роботи

Актуальність теми. Основним споживачем електричної енергії в Україні є промисловість, але вагома частка припадає також на комунальне господарство та транспорт. Гармоніки створюються електронним обладнанням з нелінійними навантаженнями, які проводять струм різкими короткими імпульсами. Короткі імпульси викликають спотворення форми синусоїди, що, в свою чергу, змушує гармоніки відтікати і впливати і на інші частини мережі. Вищі гармоніки особливо поширені в мережах, коли в одній електричній системі є багато персональних комп'ютерів, лазерних принтерів, факсимільних апаратів, фотокопіювальних апаратів або медичного тестового обладнання, флуоресцентного освітлення, джерел безперебійного живлення і приводів змінної швидкості.

Тому необхідно мінімізувати появу вищих гармонік, введення та використання вентильних регульованих електроприводів. Але запроваджувати все більше використання додаткових технічних засобів та рішень для уникнення генерування в мережу електропостачання гармонічних складових напруги та струму, разом з тим запровадження додаткових пристроїв для компенсації гармонічних складових в мережі електропостачання, це і обумовлює актуальність проблеми вмісту вищих гармонік в електричних системах енергогосподарств.

Мета дослідження.

3

Головною метою дослідження є удосконалення системи електропостачання тягової підстанції №19 та розробка і впровадження нових підходів автоматичного регулювання силових фільтрів з метою підвищення якості електроенергії.

Задачі дослідження. Відповідно до вказаної мети необхідно вирішити такі основні задачі:

1. Провести огляд існуючих методів, способів, схем та технічних рішень регулювання, що забезпечують покращення якості електроенергії.
2. Оптимізація системи електропостачання.
3. Запропонувати практичні реалізації розроблених систем управління фільтрокомпенсуючими пристроями.

Об'єктом дослідження. Система електропостачання комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія», а саме тягова підстанція №19 та встановлені пристрої, робота яких впливає на появу вищих гармонік.

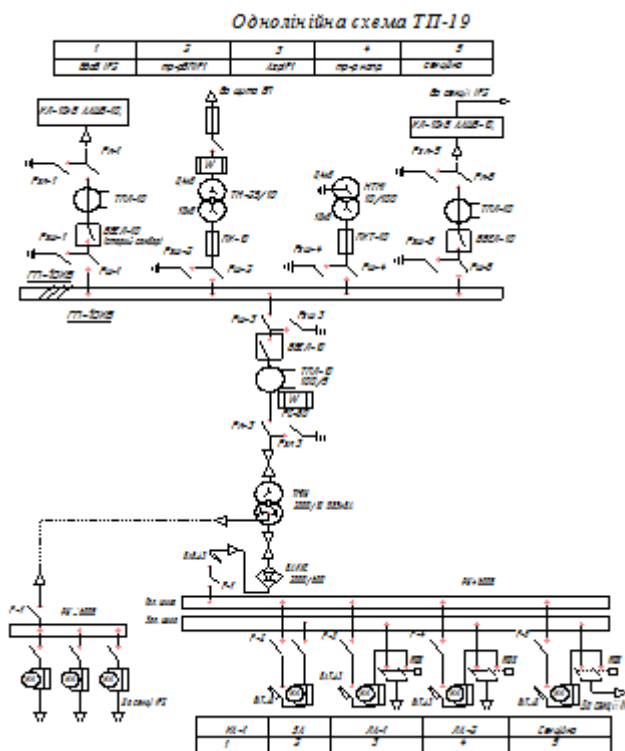
Предметом дослідження. є система керування силових фільтрів з метою підвищення якості електроенергії, а також процеси які проходять в електричних мережах.

Продовження додатка Ж

Вплив на мережі СЕП: Основними спотвореннями форм струму та напруги в СЕП є: вміст вищих гармонічних складових, найчастіше які кратні основній частоті, (гармоніки - це спотворення нормальної форми хвилі (синусоїди) електричного струму, інтергармоніки – це гармоніки, частота яких некратна головній); коливання напруги; короточасні провали (посадки) напруги, амплітуда яких зазвичай перевищує 10 % та може досягти навіть до 100 % (перерви живлення).

Вищі гармоніки в СЕП викликають:

1. Перегрів кабелів, трансформаторів тощо;
2. Високі напруги та циркулюючі струми, викликані гармонічним резонансом;
3. Несправності обладнання через надмірне спотворення напруги;
4. Збільшення внутрішніх втрат енергії в підключеному обладнанні, що призводить до відмови компонентів і скорочена строку служби;
5. Помилкове спрацьовування вимикачів;
6. Помилки вимірювання;
7. Пожежі в системах електропроводки та розподілу;
8. Зниження коефіцієнта потужності системи.

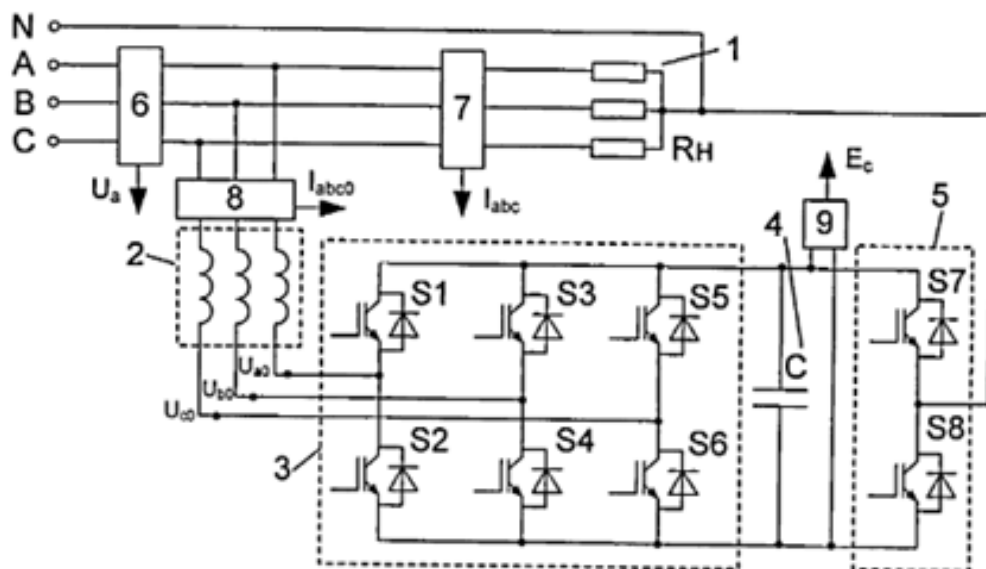


Характеристика системи електропостачання КП ВТК та ТП №19

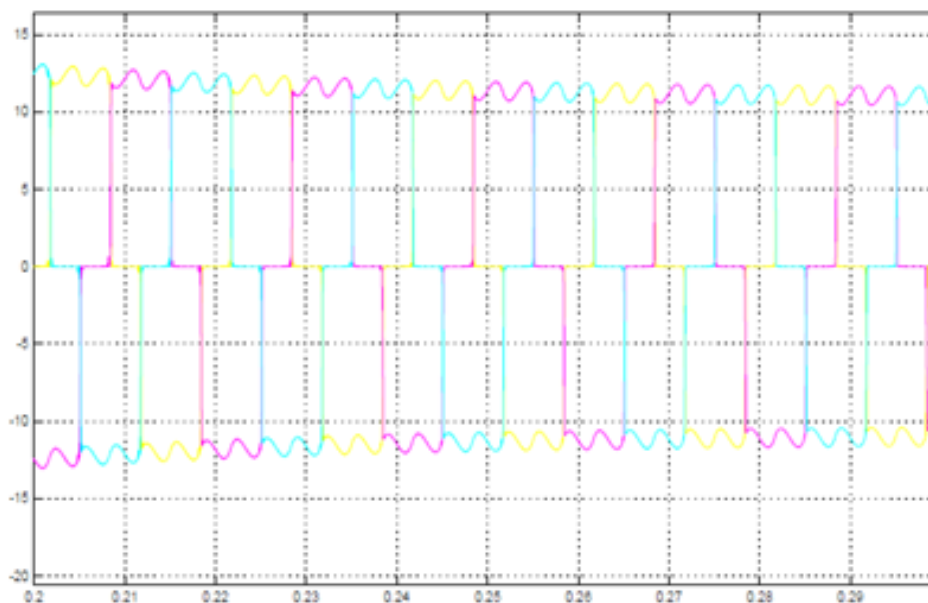
Структура тягової підстанції складається з таких компонентів: ввід, розподільче устаткування високої напруги, розподільче устаткування низької напруги, перетворювач, фідера.

Продовження додатка Ж

МОДЕЛЮВАННЯ АКТИВНОГО ФІЛЬТРУ ВИЩИХ ГАРМОНІК

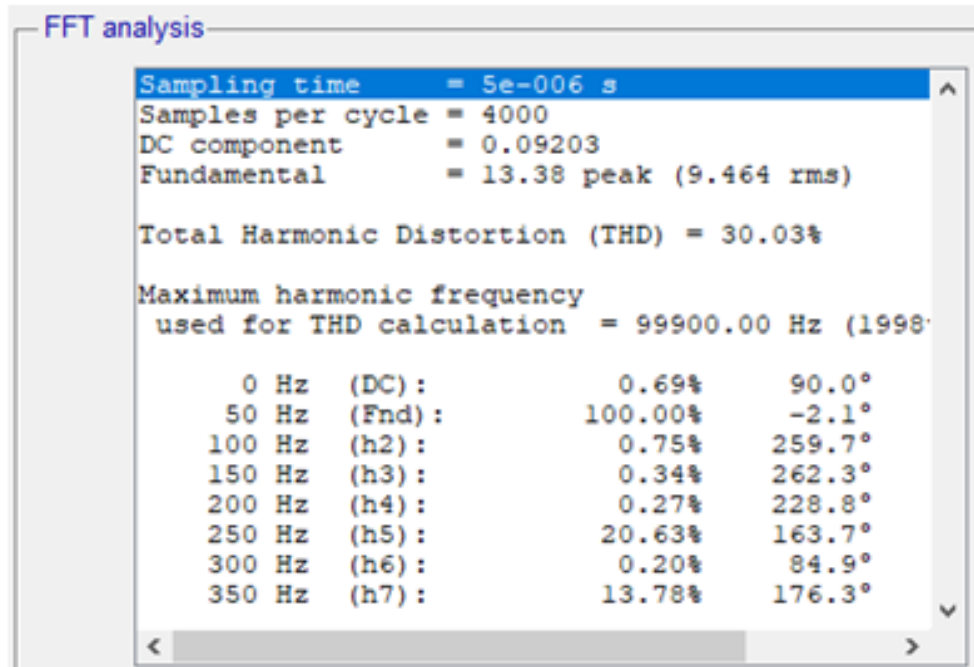


Результати розрахунків

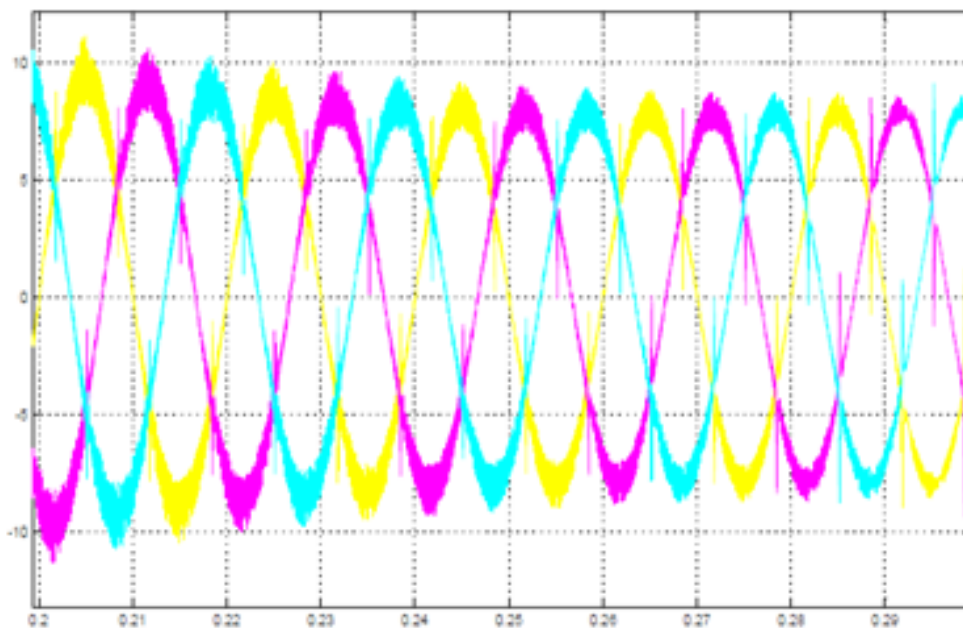


Продовження додатка Ж

Результати розрахунків

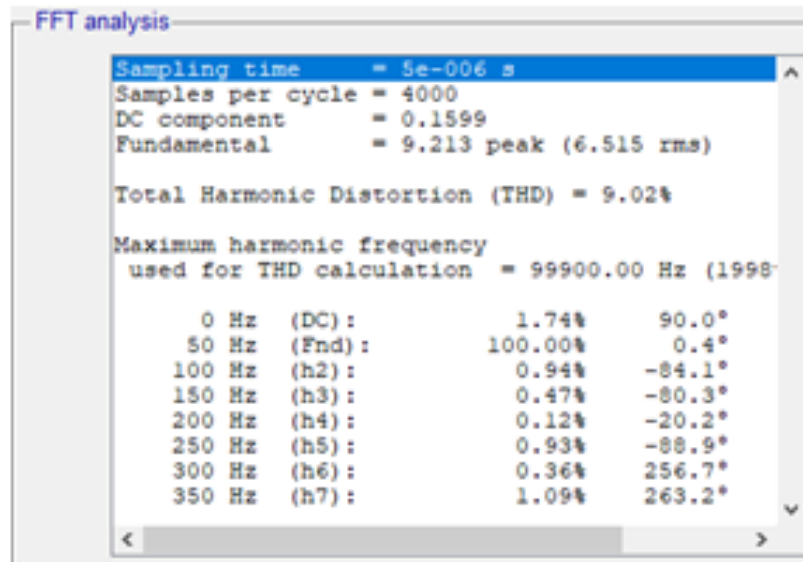


Результати розрахунків



Продовження додатка Ж

Результати розрахунків



08-17.МКР.017.00.000

Зм.	Лист	№ Докум	Підп.	Дата				
Розробив	Станіславов Б.П.				Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Підвищення якості електроенергії в системі електропостачання Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Бурбело М. Й.							
Н.контр.	Войтюк Ю.П.					ВНТУ, ст. гр ЕСЕ-18м		
Рецензент								
Затв.	Бурбело М.Й.							

08-17.МКР.017.00.000

Зм.	Лист	№ Докум	Підп.	Дата				
Розробив	Станіславов Б.П.				Магістерська кваліфікаційна робота на тему: Підвищення якості електроенергії в системі електропостачання Комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Бурбело М. Й.							
Н.контр.	Войтюк Ю.П.							
Рецензент								
Затв.	Бурбело М.Й.							
						ВНТУ, ст. гр ЕСЕ-18м		

