

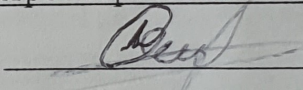
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

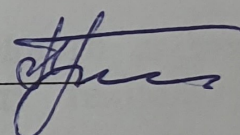
Бакалаврська дипломна робота на тему:

Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства

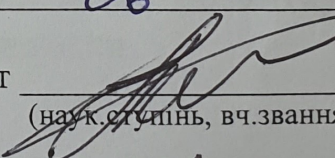
«Барський машинобудівний завод»

Виконав: студент 4 курсу, групи Е-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»,

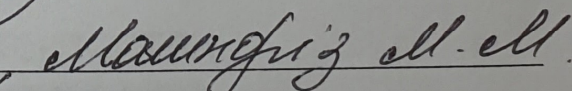
Липко О.О. 

Керівник: д.т.н., проф. каф. ЕСЕЕМ
Бурбело М.Й. 

« 14 » 06 2024 р.

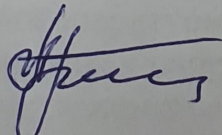
Рецензент 

(наук. ступінь, вч. звання, назва кафедри)

доц., к.т.н., 
« 18 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. Бурбело М.Й. 

« 17 » 06 2024 р.

Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., проф. М. Й. Бурбело

« 11 » _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ
Липко Олександр Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Барський машинобудівний завод»
керівник роботи Бурбело Михайло Йосипович д.т.н., проф., каф. ЕСЕЕМ
затверджені наказом по ВНТУ від «11» «березня» 2024 року № 80
2. Термін подання студентом роботи «11» «червня» 2024 року.
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів, відомості про електричні навантаження підприємства та цеху, відомості про джерела живлення та перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Анотація

Вступ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

2.2 Вибір схеми цехової мережі

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

2.5 Розрахунок навантажень підприємства

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

2.9 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

2.10 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

3 ОПТИМІЗІЦІЯ СЕП ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ УСУНЕННЯ ГАМОНІК АКТИВНИМ СИЛОВИМ ФІЛЬТРОМ

3.1 Аналіз використання активних СФ для усунення вищих гармонік

3.2 Розробка цифрової моделі АСФ в MATLAB Simulink

3.3 Моделювання основних режимів роботи активного силового фільтра

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.3 Пожежна безпека

Висновки

Література

Додаток

– Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею

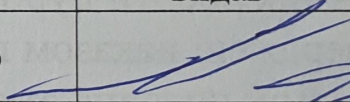
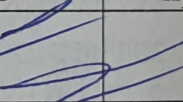
– Однолінійна схема електропостачання підприємства

– План цеху і силової мережі

– Розрахунково-монтажна таблиця

– Креслення із спецпитання

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання підпис
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.п.н., професор		

7. Дата видачі завдання «03» «травня» 2024 року.

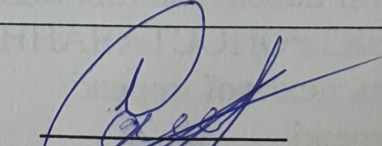
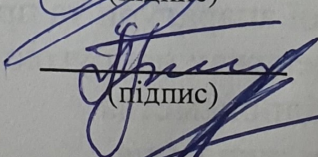
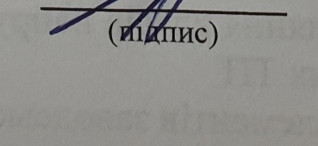
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Аналіз системи електропостачання підприємства	29.05.24
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики	07.06.24
3	Охорона праці	10.06.24
4	Графічна частина	11.06.24

Студент

Керівник бакалаврської
дипломної роботи

Нормоконтроль


(підпис)

(підпис)

(підпис)

Липко О.О.
(прізвище та ініціали)

Бурбело М.Й.
(прізвище та ініціали)

Войтюк Ю.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Липко Олександр Олександрович. Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Барський машинобудівний завод». Бакалаврська дипломна робота. Спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. – Кафедра ЕСЕЕМ – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ, 2024 – 73с

Дана дипломна робота присвячена питанням пов'язаних з розробкою системи електропостачання для підприємства ПАТ «Барський машинобудівний завод».

У дипломній роботі розглядаються такі питання, як розрахунок електропостачання підприємства та цеху, вибір кількості та потужності підстанцій, ліній живлення та автоматики.

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

Також у роботі були розглянуті питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Наведено заходи по зниженню небезпечних факторів зв'язаних з виробничими процесами на даному підприємстві.

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

ABSTRACT

Oleksandr Oleksandrovich Lypko. Development of the power supply system of the private joint-stock company "Barsky Machine-Building Plant". Bachelor thesis. Specialties 141 – Power engineering, electrical engineering and electromechanics. – ESEEM Department – Vinnytsia: VNTU, FEEEM, 2024 – 73p.

This thesis is devoted to the issues related to the development of the power supply system for PJSC "Barsky Machine Building Plant".

The thesis examines such issues as the calculation of the power supply of the enterprise and workshop, the selection of the number and capacity of substations, power lines and automation.

The scientific research part of the work is devoted to the analysis of devices of active power filters. An active power filter was also selected for operation in the company's power supply network based on a developed computer model that allows simulating the main modes of operation of the filter.

The work also discussed issues of occupational health and safety in emergency situations. Measures to reduce dangerous factors associated with production processes at this enterprise are given.

Key words: power transformer, electrical network, active filter.

Drawings – 19

Tables – 22

Bibliographies – 37

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА.....	7
1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства	7
1.2 Відомості про електричні навантаження підприємства.....	8
1.3 Вплив вищих гармонік на роботу електричного обладнання	10
2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	13
2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі	13
2.2 Вибір схеми цехової мережі	15
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі.....	16
2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В	19
2.5 Розрахунок навантажень підприємства	23
2.6 Вибір оптимальної напруги живлення.....	24
2.7 Техніко-економічне порівняння класів напруги живлення.....	25
2.8 Вибір і розміщення цехових ТП	27
2.9 Техніко-економічне порівняння спорудженої СЕП	29
2.10 Побудова картограми електричних навантажень підприємства.....	31
2.11 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі.....	34
2.12 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі	36
3 ОПТИМІЗАЦІЯ СЕП ПІДПРИЄМСТВА ШЛЯХОМ УСУНЕННЯ ВИЩИХ ГАМОНІК АКТИВНИМ СИЛОВИМ ФІЛЬТРОМ	39
3.1 Аналіз використання активних СФ для усунення вищих гармонік	39
3.2 Розробка цифрової моделі АСФ в MATLAB Simulink	43
3.3 Моделювання основних режимів роботи активного силового фільтра	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	49
4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання	49
4.1.1 Вимоги з безпечної організації робочих місць	49
4.1.2 Електробезпека.....	52
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	53
4.2.1 Мікроклімат.....	53

4.2.3 Виробниче освітлення	54
4.2.4 Виробничий шум	55
4.3 Пожежна безпека	55
ВИСНОВКИ	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60
ДОДАТКИ	64
Додаток А – Вихідні дані.....	65
Додаток Б – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи	67
Додаток В – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами.....	68
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства	69
Додаток Д – План електропостачання цеху.....	70
Додаток Є – Розрахунково-монтажна таблиця електропостачання цеху.....	71
Додаток Ж – Модель АСФ в середовищі MATLAB.....	72
Додаток З – Результати моделювання основних режимів роботи АСФ	73

ВСТУП

Актуальність роботи. Розроблення проектів системи електропостачання (СЕП) це важливий крок у визначенні нормального стану довгострокового функціонування та розвитку виробничих потужностей підприємства в будь-якій галузі. [2,4].

Підвищення ефективності електропередачі та зниження втрат електроенергії в електричній системі являє собою складну проблему, рішення якої дозволить покращити економічні показники процесу електроспоживання [1, 2]. Велика частина електронавантаження побутових та навіть промислових споживачів являє собою нелінійні однофазні електроприймачі, робота яких викликає генерацію гармонічних складових та спотворює графіки струму та напруги в електричній мережі. Дані фактори впливають на роботу та ведуть до виникнення шкідливих явищ як в мережах джерел живлення, так і в мережах споживачів, в тому числі до спотворення симетричної системи напруг. В даних електричних мережах необхідно забезпечити симетрію струмів і напруг, тому що їх наявність призводить до збільшення рівня втрат електроенергії зі сторони як і джерела так і споживача.

Мета роботи: розробити проектні рішення за допомогою, яких можна досягти підвищення економічності СЕП підприємства.

Задачі дослідження. В ході виконання дослідження необхідно проаналізувати конфігурацію надійної та економічної системи електропостачання на підприємстві та технічні рішення щодо заходів охорони праці.

Об'єктом дипломної бакалаврської роботи є система електропостачання Барського машинобудівного заводу.

Предметом дослідження роботи є проектні рішення, розроблені для підвищення ефективності СЕП підприємства.

Наукова новизна. Розроблено модель активного силового фільтру з використанням засобів комп'ютерного моделювання процесів в електричних мережах MatLAB, Simulink, що дало змогу провести дослідження режимів роботи

активного фільтра в системі електропостачання підприємства для якого характерна наявність не нормованого значення вищих гармонік.

Методи розрахунку. Для розрахунку навантажень виробничих потужностей підприємств використано метод коефіцієнта розрахункового максимуму навантаження. Активна та реактивна складові потужності обладнання та освітлення підприємства розраховувалися за сучасними методиками.

Практична цінність. Розроблена модель може бути використана в реальному процесі проектування СЕП споживачів електроенергії.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СПОЖИВАЧІВ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Характеристики технологічних процесів підприємства

Барський машинобудівний завод (БМБЗ) відноситься до металообробної промисловості. Це досить енергоємне підприємство. Вся продукція проходить шлях від обробки металу, закалки, шліфування до збирання та фарбування в спеціальних цехах. Продукція заводу призначена для хлібопекарської, кондитерської, консервної, молочної, а також запасні частини для сільськогосподарських машин.

Основні технологічні процеси, що використовуються на БМБЗ – це холодна обробка металів, електрозварювання, термічна обробка та ливарне виробництво. Виготовлення продукції відбувається в декілька етапів. Першим є процес отримання заготовок: відлив їх з чавуну, кольорових металів або сталі в форми, які виготовляє модельний цех; потім відбувається зварювання, ковка та штампування заготовок. Після цього деталі піддаються механічній обробці на металоріжучих верстатах і виконуються збиральні процеси, до яких відносяться виготовлення окремих деталей до машин і збирання машин в цілому.

Для випуску продукції на заводі задіяні такі виробничі цехи :

- ливарний цех – в ньому здійснюється виливання різних деталей;
- механічний цех – виконується механічна обробка деталей, відлитих в ливарному цеху.
- цех металоконструкцій – виконує термообробку деталей, що виготовлені з чорного металу;
- модельний цех – виготовляє форми для лиття.

В механічному цеху виготовляють сільськогосподарські знаряддя : лопати, граблі, плуги і т.д., запчастини для сільськогосподарської техніки.

В цеху точного литва – блоки циліндрів для тракторів.

В цеху нової техніки виготовляють апаратуру управління.

Постачання матеріалів для виробництва продукції заводу, технічного обладнання для підприємства, а також вивезення готової продукції виконується автотранспортом та залізничним транспортом.

1.2 Характеристика електричних навантажень

Споживачів СЕП ПАТ «БМБЗ» необхідно відносити до II категорії надійності електропостачання [1].

При проектуванні СЕП підприємства слід враховувати, що електрична частина виробничої системи буде включати: лінії електропостачання та генерації потужності, захисні пристрої, освітлювальні мережі, блискавкозахист, захисне заземлення, дистанційне керування та аварійна сигналізація. Також необхідно враховувати особливості виробничого процесу та наявність небезпечних і легкозаймистих матеріалів.

На рисунку 1.1 показано об'єкти проектування та генеральний план підприємства, а в таблиці 1.1 наведено інформацію про назви цехів підприємства та електричні навантаження.

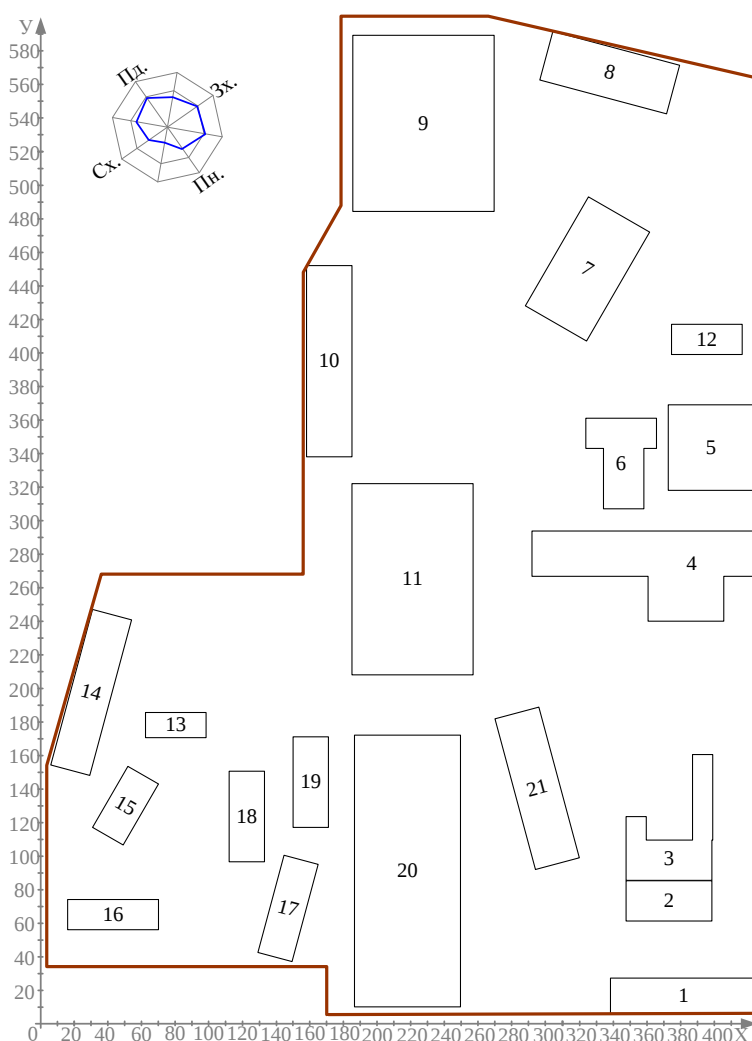


Рисунок 1.1 – Генеральний план ПАТ «БМБЗ», м. Вінниця

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження цехів

№	Назва	P, кВт	Площа	X	Y
1	Заводоуправління	30	1827	382	17
2	Склад	25	1224	370	59
3	Ковальський цех	170	1530	370	108
4	Енергомеханічний відділ	75	4680	361	245
5	Їдальня	30	2601	399	321
6	Компресорна	361	1764	345	312
7	Цех точного литва	81	3150	343	453
8	Модельний цех	45	2340	338	567
9	Механічний цех	1287	8820	228	537
10	Відкритий склад металу	11	3078	169	367
11	Механоскладальний цех	800	9936	232	378
12	Хімічний склад	10	756	137	259
13	Тарний цех	16	540	80	178
14	Транспортний цех	45	2304	29	197
15	Гараж	13	882	50	130
16	Ремонтно-монтажний		972	43	65
17	Склад	12	1260	147	69
18	Парова котельня	160	1134	123	124
19	Склад готової продукції	18	1134	161	144
20	Цех метал.конструк-й	120	10206	218	91
21	Цех нової техніки	140	2511	292	126

Електроприймачі (ЕП) цеху система електропостачання, якого буде спроектована у роботі потрібно віднести до II категорії надійності [1] це пов'язано з тим, що переривання електропостачання навантаження цеху та зупинка виробництва може призвести до значних матеріальних втрат, виходу з ладу обладнання, збільшення дефектів продукції, збою технологічного процесу або пошкодження найбільш важливих етапів виробництва, що становить загрозу для персоналу.

На рисунку 1.2 показано схему розташування приймачів цеху. Дані про навантаження ЕП цеху представлено в табл. 1.2.

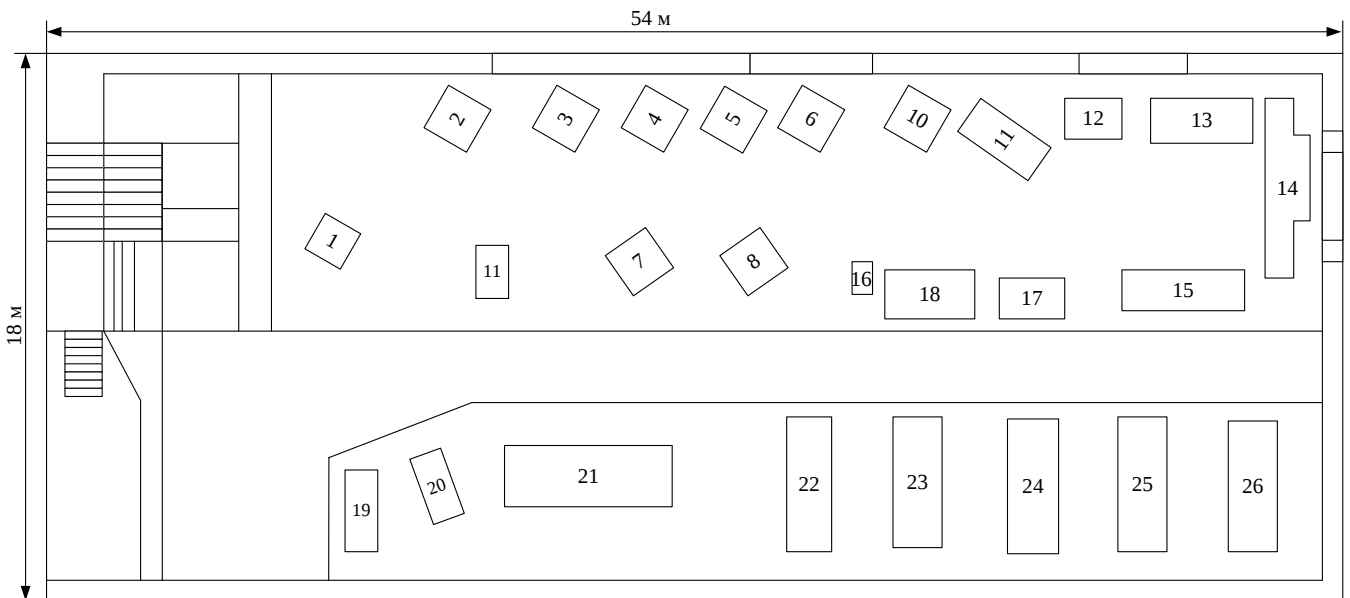


Рисунок 1.2 – План механічного цеху

Таблиця 1.2 – Електричні навантаження цеху

№	Найменування обладнання	Рн (кВт)
1–5	Вертикально фрезерний	12
6–8	Горизонтально-фрезерний	7,5
9	Центровий	2
10	Зубофрезерний	10,5
11	Шліфувальний	8
12	Плоскошліфувальний	16
13	Внутрішньошліфувальний	5
14,15	Круглошліфувальний	10
16	Заточувальний	2,5
17,18	Токарний	5
19	Консольно-поворотний кран	4
20	Пилка відрізна	2,2
21	Токарно-гвинторізний	10
22–26	Токарно-гвинторізний	9

1.3 Вплив вищих гармонік на роботу електричного обладнання

Спотворену криву струму або напруги можна розкласти на основну синусоїду (50 Гц) і суму частот, кратних 50 Гц. Наприклад, 250 Гц - це п'ята гармоніка, а 350 Гц - сьома гармоніка.

Сума певної кількості частот, які можна додати до синусоїди 50 Гц, щоб отримати наявну форму сигналу струму або напруги, називається гармонікою. Тому,

якщо змінити її амплітуду, фазу або частоту, крива струму або напруги зміниться в результаті гармонічного синтезу.

Джерелами вищих гармонік (ВГ) струму та напруги в розподільчих мережах є нелінійні навантаження, такі як вентиляльні перетворювачі, дугові сталеплавильні та руднотермічні печі, газорозрядні лампи, зварювальні апарати та потужні магнітні підсилювачі. Вищі гармоніки струму і напруги негативно впливають на роботу електромереж і деяких електроприймачів, таких як системи автоматики, релейного захисту, телемеханіки та телекомунікаційних мереж. Вплив вищих гармонік призводить до втрат в електромережі та трансформаторах, погіршення умов компенсації реактивної потужності, швидкого старіння ізоляції та скорочення терміну служби всієї системи розподілу електроенергії. Тому в деяких випадках необхідно розробляти спеціальні заходи для поліпшення форми кривої напруги в мережі передачі.

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

Зварювальні автомати; зварювальні машини і ДСП в процесі своєї роботи генерують широкий і безперервний спектр гармонік.

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

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

системі насичені магнітні ланцюги, в першу чергу трансформатори, в яких відношення між індукцією B і магнітним полем H нелінійно.

Гармоніки, що генеруються нелінійним навантаженням, створюють додаткові втрати в трансформаторах. Ці втрати можуть привести до значних втрат енергії і бути причиною виходу з ладу трансформаторів внаслідок перегріву. Перебіг по обмоткам трансформатора несинусоїдальних струмів, внаслідок поверхневого ефекту і ефекту близькості, призводить до збільшення активного опору обмоток трансформатора і, як наслідок, до додаткового нагрівання. Термін служби трансформатора залежить від нагрівання його частин і не дозволяє при несинусоїдній струмі використовувати трансформатор на всю його номінальну потужність, її доводиться занижувати.

В електричних машинах струми нульової послідовності створюють додаткове підмагнічування стали, що призводить до погіршення їх характеристик і додатковому нагріванню сердечників (статори асинхронних двигунів, магнітопроводи трансформаторів).

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

Висновки. В даному розділі бакалаврської дипломної роботи проведено аналіз характеристик технологічних процесів підприємства. Наведено відомості про електричні навантаження підприємства та ремонтно-монтажного цеху. Проведено аналіз впливу вищих гармонік на роботу електричного обладнання.

2 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Розрахунок навантажень цехової мережі

Визначення розрахункових навантажень електроприймачів напругою до 1 кВ виконуємо для кожного елемента розподільної мережі цеху (розподільного пункту, розподільного шинопроводу, цехової трансформаторної підстанції).

Розрахунок виконаємо в табличній формі (форма Ф636–92) згідно із РТМ 36.18.32.4–92 [6] таблиця 2.1.

Вихідні дані для розрахунку:

- 1) встановлена потужність P_n всіх ЕП, що входять до цеху;
- 2) кількість ЕП;
- 3) коефіцієнт потужності $\cos \varphi$;
- 4) коефіцієнт використання K_v .

Живлення електроприймачів (ЕП) ремонтно–монтажного цеху здійснюється через два магістральні шинопровода ШРА 1,2 які приєднано до ГРП, який приєднано до трансформаторної підстанції ТП (рисунок 2.1).

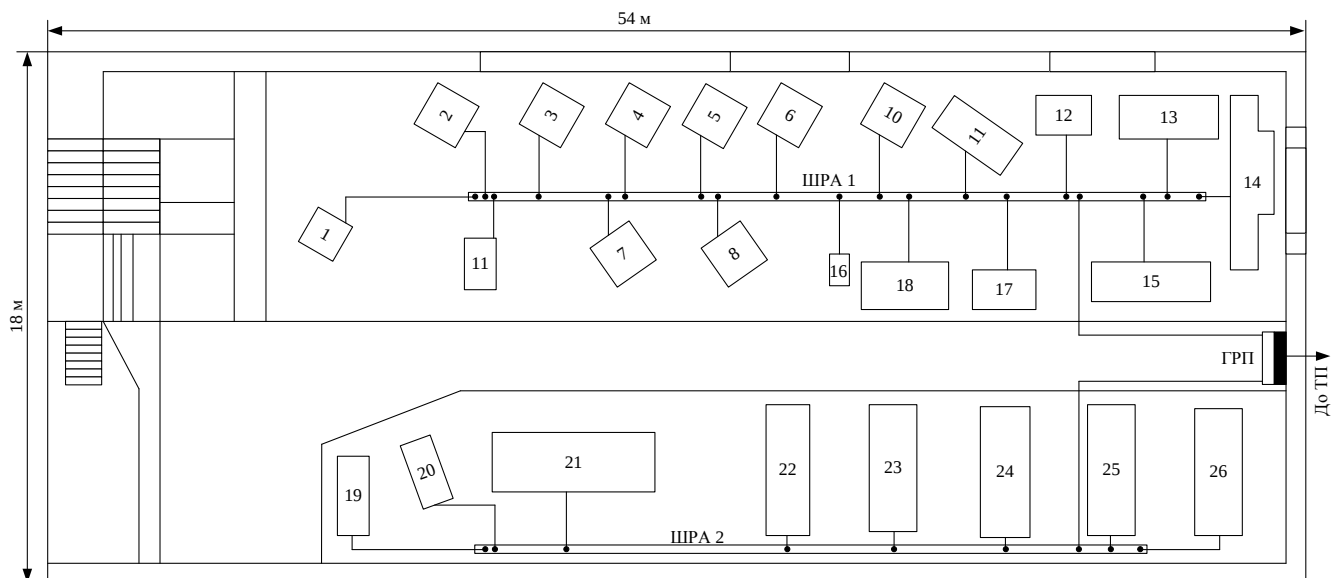


Рисунок 2.1 – Проект електропостачання механічного цеху

Алгоритм визначення розрахункового навантаження цеху наступний. Спочатку вибирається схема мережі цеху з урахуванням таких факторів, як

розташування найближчої до споживача розподільчої підстанції та споживачів потужністю понад 55 кВт, які живляться безпосередньо від трансформаторної підстанції.

В таблиці 2.1 наведені формули згідно [6] використовуючи які можна виконати розрахунок цехової мережі.

Таблиця 2.1 – Послідовність формул для розрахунку навантажень цехової мережі

Назва параметра	Формула	Приклад розрахунку для ШРА-1
Розрахункове активне навантаження окремого ЕП, кВт	$P_p = P_H$	
Розрахункове реактивне навантаження окремого ЕП, квар	$Q_p = P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi_H$	
Середня активна потужність, кВт	$P_C = K_B \cdot P_H$	
Середня реактивна потужність, квар	$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \phi$	
Груповий коефіцієнт використання	$K_B = \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} / \sum_{i=1}^n P_{Hi}$	$K_B = 0,14$
Ефективне число ЕП, шт.	$n_e = \left(\sum_{i=1}^n P_{Hi} \right)^2 / \sum_{i=1}^n P_{Hi}^2$	$n_e = 14$
Розрахунковий коефіцієнт, береться з [6] таблиці 1.1	$K_p = f(K_B; n_e)$	$K_p = 1,49$
Розрахункове активне навантаження магістральних шинопроводів, кВт	$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}$	
Розрахункове реактивне навантаження магістральних шинопроводів, квар	$Q_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi$	
Розрахункове активне навантаження для живлячої мережі, кВт	$P_p = K_p \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi}$	$P_p = 1,49 \cdot 21,6 = 32,18$
Розрахункове реактивне навантаження для живлячої мережі, квар	$Q_p = \begin{cases} 1,1 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi, & \text{при } n_e \leq 10, \\ 1,0 \cdot \sum_{i=1}^n k_{Bi} \cdot P_{Hi} \operatorname{tg} \varphi, & \text{при } n_e > 10; \end{cases}$	$Q_p = 34,63$
Значення повної розрахункової потужності, кВА	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	$S_p = \sqrt{32,18^2 + 34,63^2} = 47,28$
Розрахунковий струм лінії, А	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H}$	$I_p = \frac{47,28}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 71,83$

Результати розрахунків навантажень ліній живлення та розподільчих пристроїв цехової мережі Механічного цеху №1 представлено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 – Розрахунок електричних навантажень цехової мережі

Вихідні дані								Розрахункові величини			n _e	K _p	Розрахункові навантаження			
Завдання технологів				Довідкові дані			n×K _B ×P _H	Q _H	n×P ² _H	P _p , кВт			Q _p , квар	S _p , кВт·А	I _p , А	
Найменування ЕП		n	P _H , кВт	n×P _H , кВт	K _B	cosφ										tgφ
1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
1–5	Вертикально фрезерний	5	12	60	0,14	0,5	1,73	8,40	14,55	720,0						
6–8	Горизонтально–фрезерний	3	7,5	22,5	0,14	0,5	1,73	3,15	5,46	168,75						
9	Центровий	1	2	2	0,17	0,65	1,17	0,34	0,40	4,00						
10	Зубофрезерний	1	10,5	10,5	0,12	0,5	1,73	1,26	2,18	110,25						
11	Шліфувальний	1	8	8	0,14	0,5	1,73	1,12	1,94	64,0						
12	Плоскошліфувальний	1	16	16	0,13	0,5	1,73	2,08	3,60	256,0						
13	Внутрішньошліфувальний	1	5	5	0,13	0,5	1,73	0,65	1,13	25,00						
14,15	Круглошліфувальний	2	10	20	0,15	0,65	1,17	3,00	3,51	200,0						
16	Заточувальний	2	2,5	5	0,17	0,65	1,17	0,85	0,99	12,50						
17,18	Токарний	1	5	5	0,15	0,65	1,17	0,75	0,88	25,0						
	Всього ШРА 1	18		154	0,14			21,60	34,63	1585,0	14	1,49	32,18	34,63	47,28	71,83
9	Консольно–поворотний	1	4	4	0,1	0,5	1,73	0,40	0,69	16,00						
20	Пилка відрізна	1	2,2	2,2	0,17	0,65	1,17	0,37	0,44	4,84						
21	Токарно–гвинторізний	1	10	10	0,14	0,5	1,73	1,40	2,42	100,0						
22–	Токарно–гвинторізний	5	9	45	0,14	0,5	1,73	6,30	10,91	405,0						
	Всього ШРА 2	8		61,2	0,14			8,47	14,47	525,84	7	1,86	15,76	15,91	22,40	34,03
	Всього ГРП	26		215,2	0,14			30,07	49,10	2111,34	21	1,33	40,00	49,10	63,33	96,22

2.2 Вибір схеми цехової мережі

Враховуючи, що обладнання на робочому місці поділяється на дві технічні групи, розташування електроприймачів на робочому місці та порівняння з можливим магістральним виконанням, обрано більш надійний метод, а саме радіальне живлення мережі робочого цеху, при якому кожна група живиться від окремого розподільного пристрою [5].

Вимикачі на лінії - напівпровідникові або з тепловим та електромагнітним розчеплювачем типу ЕВ та ЕВ2 [20].

Відповідно до вимог ПУЕ, необхідно обрати наступні способи прокладання кабельних ліній:

- від ТП до ГРП кабелями марки АВВГ, прокладеними в землі;
- від ГРП до ШРА 1,2 кабелями марки АВВГ, прокладеними відкрито;

– від ШРА 1,2 до електроприймачів приєднані алюмінієвими проводами АПВ в полівінілхлоридній ізоляції в трубі.

2.3 Вибір комутаційно–захисної апаратури та провідників цехової мережі

Під час вибору автоматичного вимикача необхідно дотримуватися наступних умов:

$$I_{н.розч} \geq K_{відс} \cdot I_p ; \quad (2.12)$$

$$I_{с.в} = K_n \cdot I_{п} . \quad (2.13)$$

$$I_{н.ВІДК} \geq I_{К.мах}^{(3)} . \quad (2.14)$$

де $I_{н.розч}$ – номінальний струм розчіплювача;

$I_{с.в}$ – струм спрацювання відсічки (СВ);

$K_{відс}$ – коефіцієнт відстроювання;

$I_{м}$ – розрахунковий струм електроприймача;

K_n – коефіцієнт надійності СВ;

$I_{п}$ – пусковий струм.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ЕП–1.

Розрахунковий струм ЕП–1:

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_n} ; \quad (2.15)$$

$$I_p = \frac{12}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,5} = 36,5 \text{ (A)}.$$

Пусковий струм в залежності від типу приводу:

$$I_{п} = 5 \cdot I_p = 5 \cdot 36,5 = 182,3 \text{ (A)}.$$

Вибираємо для захисту ЕП–1 автоматичний вимикач з напівпровідниковим розчіплювачами. Далі потрібно розрахувати номінальний струм і струм спрацювання роз'єднувача ЕП–1:

$$I_{н.розчп} \geq 1,1 \cdot 36,5 = 10,1 \text{ (A)};$$

$$I_{с.відс} \geq 1,5 \cdot 182,3 = 273,4 \text{ (A)}.$$

Вибираємо автоматичний, за раніше розрахованими значеннями, вимикач ЕВ100/3L40A3р у якого номінальний струм 40 А, струмом розчіплювача 40 А та СВ 300 А [20].

Таким же способом ми обираємо автоматичні вимикачі для всіх інших споживачів у цеху..

Захисні апарати, що захищають РП встановлюються в розподільчому пристрою низької напруги трансформаторної підстанції.

Виберемо автоматичний вимикач для захисту ГРП.

Розрахунковий струм для цієї лінії:

$$I_p = 96,2 \text{ (A)}.$$

Піковий струм необхідно розраховувати за наступною формулою:

$$I_{п} = I_p - K_{в} \cdot I_{н.макс} + I_{п.макс}; \quad (2.17)$$

де $I_{н.макс}$, $I_{п.макс}$ – номінальний і піковий струми електроприймача групи з найбільшим пусковим струмом;

$K_{в}$ – коефіцієнт використання найбільш потужного електроприймача.

$$I_n = 96,2 - 0,13 \cdot 48,6 + 182,3 = 272,2 \text{ (A)}.$$

Розрахуємо номінальний струм розчіплювача та струм спрацювання відсічки:

$$I_{н.розчп} \geq 1,1 \cdot 96,2 = 105,8 \text{ (A)};$$

$$I_{с.відс} \geq 1,5 \cdot 272,2 = 408,3 \text{ (A)}.$$

Вибираємо для захисту ГРП автоматичний вимикач серії EB2 250/3E 125A 4р. з номінальним струмом 125 А, номінальним струмом розчіплювача 125 А та струмом спрацювання відсічки 700 А [20].

Переріз провідника в мережі для напруги до 1 кВ вибирається відповідно до допустимого нагріву..

$$I_{\text{доп}} \geq \begin{cases} I_p & \text{— для нормальних приміщень,} \\ 1,25 \cdot I_p & \text{— для вибухонебезпечних приміщень.} \end{cases} \quad (2.18)$$

Для лінії ТП – ГРП обираємо кабель марки АВВГ, який буде прокладено у землі, та переріз, якого складає 3х50+1х25 з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 136 > I_p = 96,2$ А [20].

Перевіримо втрату напруги в лінії, що живить ШРА2:

$$\Delta U = \frac{P_p \cdot R_{\text{пит}} + Q_p \cdot X_{\text{пит}}}{U_n} \cdot l; \quad (2.19)$$

$$\Delta U_{\text{ТП – ГРП}} = \frac{15,01 \cdot 6,41 + 9,8 \cdot 0,094}{380} 50 = 12,78 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\text{ГРП – ШРА2}} = \frac{4,5 \cdot 9,61 + 4,5 \cdot 0,098}{380} 7 = 0,8 \text{ (В)};$$

$$U_{\text{ТП – ШРА2}} = 12,78 + 0,8 = 13,58 \text{ (В)};$$

$$\Delta U_{\% \text{ТП – ШРА2}} = \frac{\Delta U_{\% \text{ТП – ШРА2}}}{U_n} \cdot 100\% = \frac{13,58}{380} 100\% = 3,5\%. \quad (2.20)$$

Дана втрата напруги є прийнятною для ліній даного класу напруги далі проводяться розрахунки аналогічно для інших споживачів. Також аналогічно вибираються лінії електропередач для інших електричних компонентів цехової мережі. Результати розрахунків заносяться в таблицю 2.2.

В даному розділі проведено вибір провідників цехової мережі та комутаційно–захисної апаратури. Для встановлення в цеху прийнято кабель типу АВВГ та проводів типу АПВ, АВ від виробництва ЕТІ серії ЕВ та ЕВ2 [20].

Таблиця 2.2 – Вибір комутаційно–захисної апаратури

№	Найменування ЕП	I_p, A	I_n, A	Тип АВ	$I_{ном}, A$	$I_{розч}, A$	$I_{св}, A$	Тип ЛЖ	S, мм ²	спос. прок.	$I_{доп}, A$
	ГРП	96,2	481,1	ЕВ2 250/3Е 125А 4р	125	125	700	АВВГ	3х50+1х25	відкрито	136
	ШРА 1	71,8	359,2	ЕВ 100/3L 80А 3р	80	80	400	АВВГ	3х25+1х16	відкрито	88
	ШРА 2	34,0	170,2	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	300	АВВГ	3х16+1х10	відкрито	67
1–5	Вертикально фрезерний	36,5	182,3	ЕВ 100/3L 40А 3р	40	40	200	АПВ	4(1х16)	в трубі	55
6–8	Горизонтально–фрезерний	22,8	114,0	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	125	АПВ	4(1х6)	в трубі	30
9	Центровий	4,7	23,4	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
10	Зубофрезерний	31,9	159,5	ЕВ 100/3L 40А 3р	40	40	200	АПВ	4(1х16)	в трубі	55
11	Шліфувальний	24,3	121,5	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	125	АПВ	4(1х6)	в трубі	30
12	Плоскошліфувальний	48,6	243,1	ЕВ 100/3L 63А 3р	63	63	300	АПВ	4(1х25)	в трубі	70
13	Внутрішньошліфувальний	15,2	76,0	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
14,15	Круглошліфувальний	23,4	116,9	ЕВ 100/3L 25А 3р	25	25	125	АПВ	4(1х6)	в трубі	30
16	Токарний	11,7	58,4	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
17,18	Консольно–поворотний кран	12,2	60,8	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
19	Пилка відрізна	5,1	25,7	ЕВ 100/3L 16А 3р	16	16	80	АПВ	4(1х4)	в трубі	23
20	Токарно–гвинторізний	30,4	151,9	ЕВ 100/3L 40А 3р	40	40	200	АПВ	4(1х16)	в трубі	55
21	Токарно–гвинторізний	27,3	136,7	ЕВ 100/3L 32А 3р	32	32	150	АПВ	4(1х10)	в трубі	39

2.4 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Для перевірки комутаційної здатності захисного пристрою розраховується струм короткого замикання [8].

Виконаємо розрахунок струмів КЗ для ділянки живлення ТП–ГРП–ШРА-1. Складемо розрахункову схему рисунок 2.2.

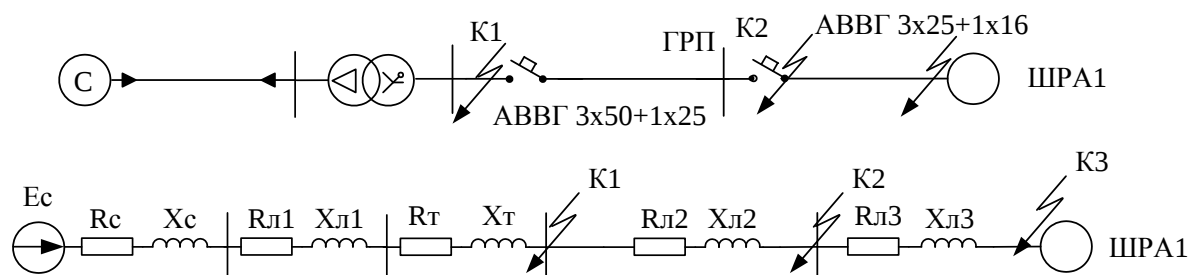


Рисунок 2.2 – Схеми реалізації системи електропостачання

Знаходимо номінальний коефіцієнт трансформації:

$$t_r = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{10}{0,4} = 25. \quad (2.21)$$

Визначаємо опір системи:

$$Z_c = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot I_K} \cdot \frac{1}{t_r^2} = \frac{1,1 \cdot 10}{\sqrt{3} \cdot 10} \cdot \frac{1}{25^2} = 1,016 \text{ (МОм)}; \quad (2.22)$$

де C – коефіцієнт середньої напруги;

U_n – номінальна напруга мережі живлення даного підприємства;

Активний і реактивний опір системи буде рівний:

$$X_c = 0,955 \cdot Z_c = 0,955 \cdot 1,016 = 0,97 \text{ (МОм)}; \quad (2.23)$$

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

Враховуємо особливість лінії живлення підприємства, а саме КЛ 10 кВ при розрахунку КЗ на стороні низької напруги 0,4 кВ. Опори лінії:

$$R_{L1} = r_{\text{лн}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,549 \cdot 900 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,79 \text{ (МОм)}; \quad (2.24)$$

$$X_{L1} = x_{\text{лн}} \cdot L_1 \cdot \frac{1}{t_r^2} = 0,065 \cdot 900 \cdot \frac{1}{25^2} = 0,093 \text{ (МОм)}.$$

Опори ліній схеми живлення:

$$R_{L2} = r_{\text{лн}} \cdot L_2 = 3,84 \cdot 40 = 153,6 \text{ (МОм)};$$

$$X_{L2} = x_{\text{лн}} \cdot L_2 = 0,088 \cdot 40 = 3,52 \text{ (МОм)};$$

$$R_{L3} = r_{\text{лн}} \cdot L_3 = 6,41 \cdot 16 = 39,74 \text{ (МОм)};$$

$$X_{L3} = x_{\text{лн}} \cdot L_3 = 0,094 \cdot 16 = 0,58 \text{ (МОм)}.$$

Визначаємо опір трансформатора:

$$R_T = 3,4 \text{ (МОм)};$$

$$X_T = 13,5 \text{ (МОм)}.$$

Знаходимо струми КЗ:

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{c \cdot U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}}. \quad (2.25)$$

Знайдемо струм для трифазного та однофазного КЗ т. 3:

$$\begin{aligned}
Z_{\Sigma} &= (R_c + R_{L1} + R_T + R_{L2} + R_{L3}) + \\
&+ j(X_c + X_{L1} + X_{L2} + X_T + X_{L3}) \\
Z_{\Sigma} &= (0,097 + 0,79 + 3,4 + 153,6 + 39,74) + \\
&+ j(0,97 + 0,093 + 13,5 + 3,52 + 0,58) \\
Z_{\Sigma} &= 197,6 + j18,7 \text{ (мОм)};
\end{aligned}$$

$$I_{\text{кз3}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 198,5} = 1,21 \text{ (кА)}.$$

КЗ в точці 2:

$$I_{\text{кз2}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 158,9} = 1,52 \text{ (кА)}.$$

КЗ в точці 1:

$$I_{\text{кз1}}^{(3)} = \frac{1,1 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot 15,2} = 15,9 \text{ (кА)}.$$

Для обраного захисту потрібно здійснити перевірку селективності дії.

Величина струму однофазного КЗ в точці аварії:

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{U_{\Phi.\text{ном}}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\Phi-H} \cdot l} \quad (2.26)$$

де $Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T$ (мОм) – опір ТП струму однофазного КЗ;

l – довжина лінії живлення яка зєднує джерело живлення і точку КЗ.

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = 3Z_T = 3 \cdot \frac{U_k}{100} \cdot \frac{U^2}{S_{\text{ном.ТП}}} = 3 \cdot \frac{5,5}{100} \cdot \frac{380^2}{630} = 37,82. \quad (2.27)$$

$$I_{\text{к2}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,82}{3} + 5,92 \cdot 40} = 0,88 \text{ (кА)}.$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП–2:

$$I_{\text{к3}}^{(1)} = \frac{220}{\frac{37,82}{3} + 5,92 \cdot 40 + 9,88 \cdot 16} = 0,54 \text{ (кА)}.$$

Перевіримо виконання наступної умови:

$$I_{н.розч} \leq \frac{I_{к.міп}^{(1)}}{3}. \quad (2.28)$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ТП–ГРП:

$$I_{н.розч} = 100,8 \text{ (A)} < \frac{I_{к2}^{(1)}}{3} = \frac{880}{3} = 293,33 \text{ (A)}.$$

Перевіримо чутливість захисту лінії ГРП– ШРА:

$$I_{н.розч} = 40 \text{ (A)} < \frac{I_{к3}^{(1)}}{3} = \frac{540}{3} = 180 \text{ (A)}.$$

Перевірка чутливості виконуються.

Селективність автоматичних вимикачів перевіряємо за умовами [5]:

$$\begin{cases} I_{с.В1} > (1,3..1,5)I_{с.В2}; \\ t_{с.В1} = t_{с.В2} + \Delta t. \end{cases} \quad (2.29)$$

Здійснюємо перевірку на селективність для АВ, що захищають лінії ТП – ГРП (вимикач 1), ГРП – ШРА1 (вимикач 2) [7].

$$\begin{cases} I_{с.В1} = 700 \text{ (A)} < (1,3..1,5)I_{с.В2} = (1,3..1,5) \cdot 400 = 520..600 \text{ (A)}, \\ t_{с.В1} = 0,2 > t_{с.В2} + \Delta t = 0,015 + 0,1 = 0,115. \end{cases}$$

Умови селективності не виконуються, тому збільшуємо $I_{с.В}$ вимикача 1 до $7 \cdot 100,8 = 705,6 \text{ (A)}$. Побудуємо карту селективності дії захисту для даних вимикачів.

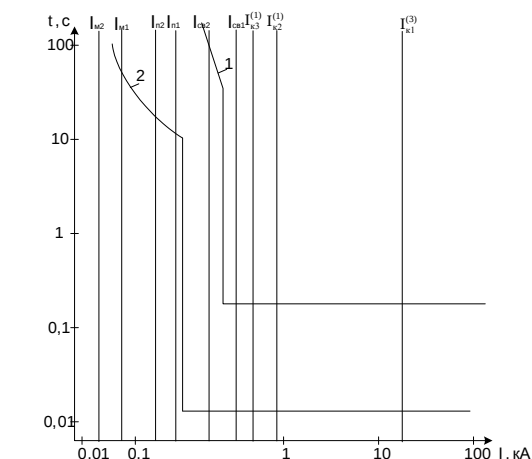


Рисунок 2.3 – Карта селективності

2.5 Визначення розрахункових навантажень підприємства

Формули для розрахунку навантаження цехів та підприємства в цілому представлені в таблиці 2.6

Таблиця 2.6 – Послідовність формул для розрахунку навантажень

Назва параметра	Формула	Приклад розрахунку для цеху №1 (Котельня)
Середня активна потужність силового обладнання підприємства, кВт	$P_C = K_{\Pi} \cdot P_H$	$P_C = 0,55 \cdot 88 = 48,4$
Середня реактивна потужність силового обладнання підприємства, квар	$Q_C = P_C \cdot \operatorname{tg} \varphi$	$Q_C = 48,4 \cdot 0,88 = 42,7$
Розрахункова активна потужність електричного освітлення, кВт	$P_O = P_{\text{Пит.О}} \cdot K_{\text{ПО}} \cdot K_{\text{ПРА}} \cdot F$	$P_O = 0,016 \cdot 0,7 \cdot 1,35 \cdot 504 = 7,6$
Розрахункова реактивна потужність електричного освітлення, квар	$Q_O = P_O \cdot \operatorname{tg} \varphi_O$	$Q_O = 7,6 \cdot 0,43 = 3,3$
Питома густина освітлювального навантаження	$P_{\text{Пит.О}} = 0,011 \div 0,022$	$P_{\text{Пит.О}} = 0,016$
Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження	$K_{\text{ПО}} = \begin{cases} 0,95 - \text{великі виробничі приміщення;} \\ 0,8 - \text{порівняно невеликі виробничі приміщення;} \\ 0,6 - \text{склади, підстанції;} \\ 1,0 - \text{аварійне освітлення.} \end{cases}$	
Коефіцієнт втрат потужності в пускорегулювальній апаратурі	$K_{\text{ПРА}} = \begin{cases} 1,1 - \text{ДРЛ;} \\ 1,2 - \text{люмінесцентні - стартерні;} \\ 1,3 - 1,35 - \text{люмінесцентні - безстартерні.} \end{cases}$	
Розрахункова активна потужність, кВт	$P_P = P_C + P_O$	$P_P = 48,4 + 7,6 = 56,0$
Розрахункова реактивна потужність, квар	$Q_P = Q_C + Q_O$	$Q_P = 42,7 + 3,3 = 46,0$
Розрахункова максимальна активна потужність усієї мережі, кВт	$P_{\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N P_{Pi} + P_{Pi} + P_{P3} \right) + P_{O\Sigma}$	
Розрахункова максимальна реактивна потужність усієї мережі, квар	$Q_{\Sigma} = K_O \left(\sum_{i=1}^N Q_{Pi} + Q_{Pi} + Q_{P3} \right)$	
Сумарне навантаження підприємства, кВА	$S_{\Sigma} = \sqrt{P_{\Sigma}^2 + Q_{\Sigma}^2}$	$S_{\Sigma} = \sqrt{56^2 + 46^2} = 72,5$

Впровадження надійної та економічної конфігурації схеми електропостачання на етапі проектування або капітального ремонту, сучасні та дуже економічні методи передачі електроенергії від джерел генерації до вузлів споживання, впровадження балансу реактивної потужності, заходи щодо зниження пікового навантаження шляхом вирівнювання графіків навантаження та мінімізації витрат на

електроенергію це досягається з допомогою оптимізації способів проектування енергосистем підприємств [1,5].

Здійснюємо розрахунок усіх наявних навантажень підприємства, а результати даного розрахунку зводимо у таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок електричних навантажень підприємства

№	Назва цеху	Силове навантаження						Освітлювальне навантаження					Сумарне навантаження		
		P _н , кВт	K _п	cosφ	tgφ	P _с , кВт	Q _с , квар	F, м ²	P _{пит.} Вт/м ²	K _{по}	K _{пра}	P _о , кВт	P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА
1	Заводууправління	30	0,6	0,8	0,75	18	13,50	1827	0,016	0,85	1,2	29,82	47,82	26,32	54,58
2	Склад	25	0,8	0,8	0,75	20	15,00	1224	0,012	0,6	1,1	9,69	29,69	19,17	35,34
3	Ковальський цех	170	0,4	0,8	0,75	68	51,00	1530	0,012	0,85	1,2	18,73	86,73	59,05	104,92
4	Енергомеханічний відділ	75	0,8	0,76	0,86	60	51,31	4680	0,014	0,85	1,2	66,83	126,83	80,05	149,98
5	Їдальня	30	0,5	0,9	0,48	15	7,26	2601	0,012	0,85	1,2	31,84	46,84	20,95	51,31
6	Компресорна	280	0,7	0,8	0,75	196	147,00	1764	0,017	1	1,2	35,99	231,99	162,47	283,22
7	Цех точного литва	81	0,6	0,5	1,73	48,6	84,18	3150	0,016	0,85	1,2	51,41	100,01	106,28	145,94
8	Модельний цех	45	0,4	0,7	1,02	18	18,36	2340	0,015	0,85	1,2	35,80	53,80	33,76	63,52
9	Механічний цех	1155	0,4	0,8	0,75	462	346,50	8820	0,015	0,85	1,2	134,95	596,95	404,53	721,10
10	Відкритий склад металу	11	0,4	0,8	0,75	4,4	3,30	3078	0,012	0,6	1,1	24,38	28,78	13,78	31,91
11	Механоскладальний цех	800	0,4	0,6	1,33	320	426,67	9936	0,015	0,85	1,2	152,02	472,02	492,04	681,84
12	Хімічний склад	10	0,4	0,8	0,75	4	3,00	756	0,012	0,6	1,1	5,99	9,99	5,57	11,44
13	Тарний цех	16	0,4	0,9	0,48	6,4	3,10	540	0,017	0,85	1,2	9,36	15,76	7,13	17,30
14	Транспортний цех	45	0,5	0,76	0,86	22,5	19,24	2304	0,016	0,85	1,2	37,60	60,10	35,41	69,76
15	Гараж	13	0,6	0,8	0,75	7,8	5,85	882	0,012	0,85	1,2	10,80	18,60	10,49	21,35
16	Ремонтно-монтажний					40	49,10	972	0,015	0,85	1,2	14,87	54,87	55,49	78,04
17	Склад	12	0,8	0,8	0,75	9,6	7,20	1260	0,012	0,6	1,1	9,98	19,58	11,49	22,70
18	Парова котельня	160	0,6	0,85	0,62	96	59,50	1134	0,015	1	1,2	20,41	116,41	68,27	134,96
19	Склад готової продукції	18	0,6	0,9	0,48	10,8	5,23	1134	0,011	0,6	1,1	8,23	19,03	8,77	20,96
20	Цех метал.конструк-й	120	0,5	0,7	1,02	60	61,21	10206	0,015	0,9	1,2	165,34	225,34	132,31	261,31
21	Цех нової техніки	140	0,6	0,85	0,62	84	52,06	2511	0,015	0,85	1,2	38,42	122,42	68,58	140,32
	Всього по підприємству	3236				1571,1	1429,57	62649				912,44	2404,99	1730,83	2963,06

2.6 Вибір оптимальної напруги живлення

Вибір класу напруги електричної мережі зовнішнього живлення є техніко-економічним проектним завданням, яке необхідно здійснюватися спільно з вибором схеми СЕП на основі порівняння спроектованих варіантів [12]. Економічне значення напруги можна знайти зі співвідношення:

$$U_{ек} = 4,34 \sqrt{L + 16 \cdot P_p} ; \quad (2.40)$$

Для живлення підприємства доцільно використовувати значення напруги мережі живлення рівною:

$$U_{\text{ек}} = 4,34 \sqrt{1,6 + 16 \cdot 2,405} = 27,27 \text{ (кВ)}.$$

Для подальшого техніко-економічного порівняння можливих варіантів СЕП прийнято два варіанти відповідно до стандарту напруги $10 \text{ кВ} < 27,27 < 35 \text{ кВ}$.

2.7 Розрахунок техніко-економічного порівняння напруги

Для проведення порівняння варіантів виконання схем зовнішнього живлення для різних класів напруги необхідно виконати вибір перерізу та тип ліній живлення на обох можливих варіантів. Даний вибір виконується за величиною допустимого струму:

$$I_p = \frac{S_p / 2}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}} \text{ (А);} \quad (2.41)$$

$$I_{p35} = \frac{2963 / 2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 23,96 \text{ (А);}$$

$$I_{p10} = \frac{2963 / 2}{\sqrt{3} \cdot 10} = 83,86 \text{ (А)}.$$

В якості КЛ 10 кВ доцільно обрати кабель типу АПвЭгаПу-10 3×70 [16], при прокладанні якого у землі допустимий струм складає 171 А. На рисунку 2.3 показано технічні характеристики та опис конструкції кабелю АПвЭгаПу-10 3×70.

В якості КЛ 35 кВ приймаємо кабель типу АПвЭгаПу-35 3х50, допустимий струм складає 140 А.

Визначаємо величину втрат активної енергії для лінії живлення:

$$\Delta W_a = \Delta P_m \cdot \tau = 3 I_m^2 R_e \cdot 10^{-3} \cdot \tau \text{ (кВт·год/рік);} \quad (2.42)$$

Тоді вартість втрат в лінях живлення складе:

$$C_{\Delta W10} = 2 \cdot 3 \cdot 83,86^2 \cdot 0,443 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2405,3 \cdot 6,649 = 478,31 \text{ (тис.грн./рік);}$$

$$C_{\Delta W35} = 2 \cdot 3 \cdot 23,96^2 \cdot 0,641 \cdot 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot 2405,3 \cdot 5,195 = 44,14 \text{ (тис.грн./рік)}.$$

Розрахунок капітальних вкладень доцільно виконати у вигляді таблиці 2.5.

2.5 - Розрахунок капітальних вкладень

Перелік елементів схем	Вартість	10 кВ		35 кВ	
		Кількість	Вартість	Кількість	Вартість
Лінії електропередавання, км	тис.грн. за 1 км КЛ	км	тис.грн.	км	тис.грн.
КЛ 10 кВ АПвЭгаПу 3×35	419,00	3,2	1340,80		
КЛ 35 кВ АПвЭгаПу 3×50	592,20			3,2	1895,03
ВСЬОГО по лініях			1340,80		1895,03
Підстанції	тис.грн. за одиницю ПС.	штук	тис.грн.	штук	тис.грн.
Спорудження ПС 35 кВ 630 кВ*А	462			2	924
Розширення РП-10 кВ	12,7	2	25,4		
Спорудження РП-10 кВ	86,4	1	86,4		
ВСЬОГО по ПС			111,8		924
ВСЬОГО			1452,60		2819,03

Також необхідно визначити річну вартість втрат та витрат залежно від класу напруги. У цій вартості необхідно врахувати амортизацію, виплати технічному персоналу та витрати на втрати. У цьому розрахунку також корисно врахувати різницю у цінах на електроенергію, оскільки один варіант відноситься до класу оплати I, а інший - до класу оплати II.

Таблиця 2.6 – Витрати протягом року відповідно класу напруги

Перелік поточних витрат	Варіанти	
	10 кВ	35 кВ
Щорічні витрати на технічне обслуговування і ремонт, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 1,2% від К		22,74
ПЛ 10 кВ, 3,8% від К	32,18	
ПС 35 кВ, 2,4% від К		22,18
ПС 10 кВ, 4,3% від К	62,46	
Всього щорічні витрати на обслуговування, ВО тис.грн.	94,64	44,92
Амортизація, в тому числі:		
ПЛ – 35 кВ, 2% від К		37,90
ПЛ 10 кВ, 3% від К	26,82	
ПС 35 кВ, 3,6% від К		101,49
ПС 10 кВ, 3,6% від К	52,29	
Всього щорічні витрати на амортизацію, Ва тис.грн.	79,11	139,39
Тариф на ЕЕ, грн./кВт*год	6,649	5,195
Вартість втрат електроенергії в ЛЕП, ВΔW тис.грн.	478,31	44,14
ВСЬОГО щорічні витрати (В) тис.грн.	652,06	228,44

Річні витрати будуть складатися з частки величини капіталовкладень та витрат протягом року:

$$З = E_n \cdot K + B; \quad (2.43)$$

де E_n – ефективність капітальних вкладень для даної сфери технологій ($E_n = 0,1$ [15]); K – капітальні вкладення в спорудження елементів СЕП; B – витрати на експлуатацію спроектованої СЕП протягом року.

Також доцільно врахувати різницю в ціні на оплату спожитої активної електроенергії та врахувати отримане значення в річних приведених затратах [15] ($6,649 - 5,195 = 1,454$ грн./кВт·год.) таким чином переплата за спожиту електроенергію буде рівною $1,454 \cdot 2366,99 \cdot 4000 = 13766,4$ тис.грн./рік, а зведені річні витрати при цьому будуть рівними для обох варіантів:

$$З_{10} = 0,1 \cdot 1452,6 + 652,06 + 13766,4 = 14563,73 \text{ (тис.грн.)};$$

$$З_{35} = 0,1 \cdot 2819,03 + 228,44 = 510,35 \text{ (тис.грн.)};$$

Також визначаємо термін окупності додаткових капіталовкладень:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{2819,03 - 1452,6}{(652,06 + 13766,4) - 228,44} = 0,33 \text{ (років)}. \quad (2.44)$$

Порівняння цих двох варіантів показує, що більш вигідним є варіант, при якому зовнішня лінія живлення спроектована на напругу 35 кВ. Проте слід врахувати, що це підприємство є досить потужним і підстанція 35 кВ, від якої можна було б заживити це підприємство, не зможе задовольнити потреби підприємства у необхідному обсязі навантаження. У той самий час поруч із цим підприємством діє підстанція напругою 10 кВ, від якої можна забезпечити потреби підприємства залежно від величини споживаного навантаження, тому приймається остаточне проектне рішення про постачання підприємства електроенергією на напрузі 10 кВ.

2.8 Вибір і розміщення цехових ТП

Густина питомого навантаження на 1 м^2 площі цеху [10]:

$$S_{пит} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}}; \quad (2.45)$$

Повна розрахункова потужність всіх цехів підприємства:

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_{Pi} = 2963,06 \text{ (кВА)}.$$

Сумарна площа всіх цехів підприємства:

$$F_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n F_i = 62649 \text{ (м}^2\text{)}.$$

Значення питомої густини навантаження підприємства на 1м² площі цехів:

$$S_{\text{ПИТ}} = \frac{S_{\Sigma}}{F_{\Sigma}} = \frac{2963,06}{62649} = 0,05 \text{ (кВ}\cdot\text{А/м}^2\text{)}.$$

Даній густині відповідають двотрансформаторні підстанції з потужністю апаратів $S_{\text{НОМ.Т.}} = 630$ чи 1000 кВА. Порівняємо між собою два варіанти:

1. При $S_{\text{НОМ.Т.}} = 630$ кВА число ТП:

$$N_{\text{ЕК}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ЕК}} \cdot k_3} = \frac{2963,06}{2 \cdot 630 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 2,77 \div 2,94 \text{ (шт.)};$$

2. При $S_{\text{НОМ.Т.}} = 1000$ кВА число ТП:

$$N_{\text{ЕК}} = \frac{S_{\Sigma}}{S_{\text{ЕК}} \cdot k_3} = \frac{2963,06}{2 \cdot 1000 \cdot (0,8 \div 0,85)} = 1,74 \div 1,85 \text{ (шт.)}.$$

Розрахунок показав що необхідно використати три трансформаторних підстанцій 630 кВА, або дві 1000 кВА [17].

Дані про навантаження трансформаторів обох варіантів в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Можливий розподіл цехів між трансформаторами

Варіант 1				Варіант 2			
Цех	S _м , кВА	630 кВА		Цех	S _м , кВА	1000 кВА	
		N, шт	k ₃			N, шт	k ₃
5,6,7,8,9,10	1009,2	2	0,8	4-10,12	1453,63	2	0,73
1,2,3,4,6,12,20,21	1040,28	2	0,83	1-3,11,13-21	1627,57	2	0,81
11,13,14,15,16,17,18,19	1038,08	2	0,82				

2.9 Техніко-економічне порівняння спорудженої системи електропостачання підприємства

Параметри трансформаторів подано в таблиця 2.8 [10].

Таблиця 2.8 - Параметри трансформаторів

$S_{н.тр}, \text{кВА}$	$U_{н.т}, \text{кВ}$	$\Delta P_{xx}, \text{кВт}$	$\Delta P_{к}, \text{кВт}$	$I_{xx}\%$	$U_{к}\%$
630	10	1,5	8	2,5	5,5
1000	10	2,1	10,5	1,4	6

Однолінійна схема електропостачання ПАТ «БМБЗ» є радіальною на напрузі 10 кВ. Проводимо техніко-економічне порівняння варіантів спорудження підстанцій потужністю 630 кВА і 1000 кВА за допомогою методу річних витрат (рисунок 2.5).

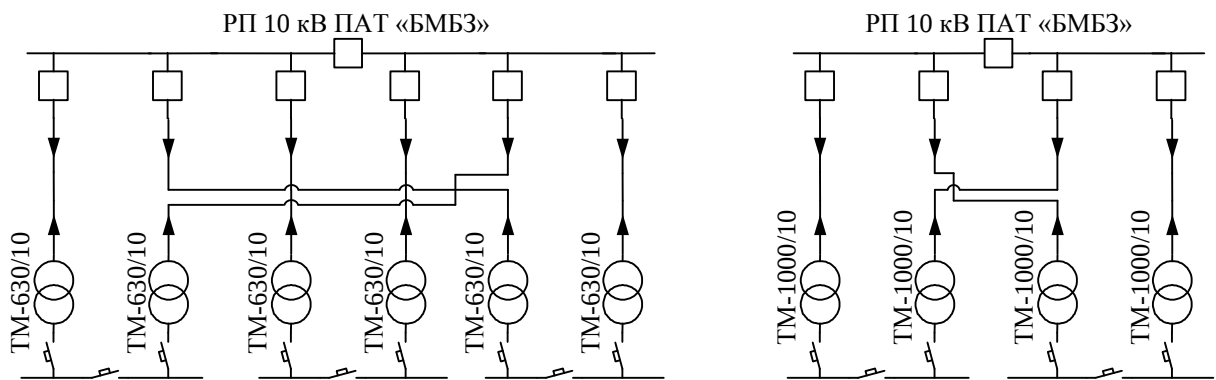


Рисунок 2.5 – Два схем реалізації внутрішньозаводського електропостачання

Кращий варіант задіяних ТП буде з меншими приведеними затратами:

$$B_{\text{пр}} = (E_n + E_a)K + m\Delta P + 3_{\text{пер}}; \quad (2.47)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт (0,1);

E_a – амортизація ($E_a = 0,063$ [12]);

K – капітальні вкладення в ТП, грн;

Втрати потужності в трансформаторах розраховуємо за формулою [5,7]:

$$\Delta P_{\text{тр}} = n \cdot \Delta P_{xx} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \left(\frac{S_m}{S_{\text{ном.т.}}} \right)^2; \quad (2.48)$$

Вартість річних втрат потужності розраховуємо за допомогою діючого тарифу:

$$m = t \cdot \tau; \quad (2.49)$$

Вартість річних витрат активної потужності в трансформаторах буде складати:

$$m = 6,649 \cdot \left(0,124 + \frac{4000}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 15971,1 \text{ (грн/рік)}.$$

Втрати потужності при потужності трансформаторів 630 кВА:

$$\Delta P_{630} = 6 \cdot 1,5 + \frac{1}{6} \cdot 8 \cdot \left(\frac{2963,06}{630} \right)^2 = 38,49 \text{ (кВт)};$$

Втрати потужності при потужності трансформаторів 1000 кВА:

$$\Delta P_{1000} = 4 \cdot 2,1 + \frac{1}{4} \cdot 10,5 \cdot \left(\frac{2963,06}{1000} \right)^2 = 31,447 \text{ (кВт)}.$$

Капітальні втрати в спорудження двотрансформаторних ТП [10]:

$$K_{630} = 838000 \text{ (грн)};$$

$$K_{1000} = 1142000 \text{ (грн)}.$$

Остаточно розраховуємо, який із запропонованих варіантів буде вигіднішим при використанні трансформаторів потужністю 630 чи 1000 кВА:

$$B_{\text{пр}630} = 3 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 838000 + 15971,1 \cdot 38,49 = 630565,839 \text{ (грн)};$$

$$B_{\text{пр}1000} = 2 \cdot (0,1 + 0,063) \cdot 1142000 + 15971,1 \cdot 31,447 = 516632,382 \text{ (грн)}.$$

Термін протягом якого буде отримана окупність додаткових капіталовкладень в елементи СЕП буде рівний:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2} = \frac{1142000 - 838000}{15971,1(38,49 - 31,447)} = 2,7 \text{ (років)}.$$

Розрахунки показують що доцільно обрати варіант спорудження СЕП з двома двотрансформаторними підстанціями потужністю 2x1000 кВА так як даний варіант є більш економічніший.

2.10 Побудова картограми електричних навантажень підприємства

Розподіл навантаження підприємства між обраними ТП представлено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Номінальні параметри трансформаторів

№ ТП	№ цеху	Назва цеху	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА	S _т , кВА	N, шт.	K _з , в.о.
ТП1	4	Енергомеханічний відділ	126,83	80,05	149,98	1000	2	0,73
	5	Їдальня	46,84	20,95	51,31			
	6	Компресорна	231,99	162,47	283,22			
	7	Цех точного литва	100,01	106,28	145,94			
	8	Модельний цех	53,80	33,76	63,52			
	9	Механічний цех	596,95	404,53	721,10			
	10	Відкритий склад металу	28,78	13,78	31,91			
	12	Хімічний склад	9,99	5,57	11,44			
		Всього по ТП1	1195,17	827,40	1453,63			
ТП2	1	Заводоуправління	47,82	26,32	54,58	1000	2	0,81
	2	Склад	29,69	19,17	35,34			
	3	Ковальський цех	86,73	59,05	104,92			
	11	Механоскладальний цех	472,02	492,04	681,84			
	13	Тарний цех	15,76	7,13	17,30			
	14	Транспортний цех	60,10	35,41	69,76			
	15	Гараж	18,60	10,49	21,35			
	16	Ремонтно-монтажний	54,87	55,49	78,04			
	17	Склад	19,58	11,49	22,70			
	18	Парова котельня	116,41	68,27	134,96			
	19	Склад готової продукції	19,03	8,77	20,96			
	20	Цех метал.конструк-й	225,34	132,31	261,31			
	21	Цех нової техніки	122,42	68,58	140,32			
		Всього по ТП2	1288,37	994,52	1627,57			

Місце розташування цехових ТП можна визначити за наступними формулами:

$$X_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot X_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}, \quad Y_{\text{ТП}} = \frac{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}} \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N P_{\text{Mi}}}; \quad (2.50)$$

Дані для даного розрахунку беремо з таблиці 2.10

Таблиця 2.10 – Координати розміщення ЕП

№	Цех	ТП	Рр, кВт	Х, м	У, м	Рр*Х, кВт*м	Рр*У, кВт*м
1	Заводоуправління	2	47,82	382	17	18265,96	812,88
2	Склад	2	29,69	370	59	10986,81	1751,95
3	Ковальський цех	2	86,73	370	108	32089,06	9366,54
4	Енергомеханічний відділ	1	126,83	361	245	45785,77	31073,45
5	Їдальня	1	46,84	399	321	18687,66	15034,43
6	Компресорна	1	231,99	345	312	80035,03	72379,51
7	Цех точного литва	1	100,01	343	453	34302,74	45303,62
8	Моделний цех	1	53,80	338	567	18185,08	30505,73
9	Механічний цех	1	596,95	228	537	136103,69	320560,00
10	Відкритий склад металу	1	28,78	169	367	4863,44	10561,44
11	Механоскладальний цех	2	472,02	232	378	109508,83	178423,86
12	Хімічний склад	1	9,99	137	259	1368,29	2586,77
13	Тарний цех	2	15,76	80	178	1261,09	2805,92
14	Транспортний цех	2	60,10	29	197	1742,94	11839,95
15	Гараж	2	18,60	50	130	929,78	2417,44
16	Ремонтно-монтажний	2	54,87	43	65	2359,48	3566,65
17	Склад	2	19,58	147	69	2878,14	1350,96
18	Парова котельня	2	116,41	123	124	14318,68	14435,09
19	Склад готової продукції	2	19,03	161	144	3064,29	2740,73
20	Цех метал.конструк-й	2	225,34	218	91	49123,51	20505,69
21	Цех нової техніки	2	122,42	292	126	35746,14	15424,71
			$\Sigma R_p, \text{кВт}$	$\Sigma R_p * X / \Sigma R_p$	$\Sigma R_p * Y / \Sigma R_p$	$\Sigma R_p * X, \text{кВт*м}$	$\Sigma R_p * Y, \text{кВт*м}$
	Сумарно по ТП1		1195,17	283,92	441,78	339331,71	528004,95
	Сумарно по ТП2		1139,04	242,29	214,93	275981,41	244812,41
	Координати ЦЕН		2483,54	250,29	319,48	621606,41	793447,33

Розміщення ТП на території підприємства відповідно розрахованим координатам не завжди можливо здійснити. В точці з оптимальними координатами можуть знаходитися споруди, дороги чи інші комунікаційні лінії. Вибір оптимальних координат розміщення ТП показано у таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Координати оптимального розміщення ТП

	Розраховані		Оптимальні на генплані	
	Х, м	У, м	Х, м	У, м
ТП-1	283,92	441,78	276	439
ТП-2	242,29	214,93	188	210
ЦРП	250,29	319,48	180	313

Радіус кола пропорційно навантаженню цеху буде визначатися за формулою:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m_p}}; \quad (2.50)$$

Величина сектору, яке характеризує освітлювальне навантаження цеху:

$$\alpha_i = \frac{360 \cdot P_{Oi}}{P_{Pi}}; \quad (2.51)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Дані для побудови картограми навантажень

№	Цех	X, м	Y, м	P _p , кВт	P _o , кВт	r, м	α°	d, м
1	Заводоуправління	382	17	47,82	29,82	5,52	224,5	11,04
2	Склад	370	59	29,69	9,69	4,35	117,5	8,70
3	Ковальський цех	370	108	86,73	18,73	7,43	77,7	14,86
4	Енергомеханічний відділ	361	245	126,83	66,83	8,99	189,7	17,98
5	Їдальня	399	321	46,84	31,84	5,46	244,7	10,92
6	Компресорна	345	312	231,99	35,99	12,16	55,8	24,31
7	Цех точного литва	343	453	100,01	51,41	7,98	185,1	15,96
8	Модельний цех	338	567	53,80	35,80	5,85	239,6	11,71
9	Механічний цех	228	537	596,95	134,95	19,50	81,4	39,00
10	Відкритий склад металу	169	367	28,78	24,38	4,28	305,0	8,56
11	Механоскладальний цех	232	378	472,02	152,02	17,34	115,9	34,68
12	Хімічний склад	137	259	9,99	5,99	2,52	215,8	5,04
13	Тарний цех	80	178	15,76	9,36	3,17	213,8	6,34
14	Транспортний цех	29	197	60,10	37,60	6,19	225,2	12,37
15	Гараж	50	130	18,60	10,80	3,44	209,0	6,88
16	Ремонтно-монтажний	43	65	54,87	14,87	5,91	97,6	11,82
17	Склад	147	69	19,58	9,98	3,53	183,5	7,06
18	Парова котельня	123	124	116,41	20,41	8,61	63,1	17,22
19	Склад готової продукції	161	144	19,03	8,23	3,48	155,7	6,96
20	Цех метал.конструк-й	218	91	225,34	165,34	11,98	264,1	23,96
21	Цех нової техніки	292	126	122,42	38,42	8,83	113,0	17,66

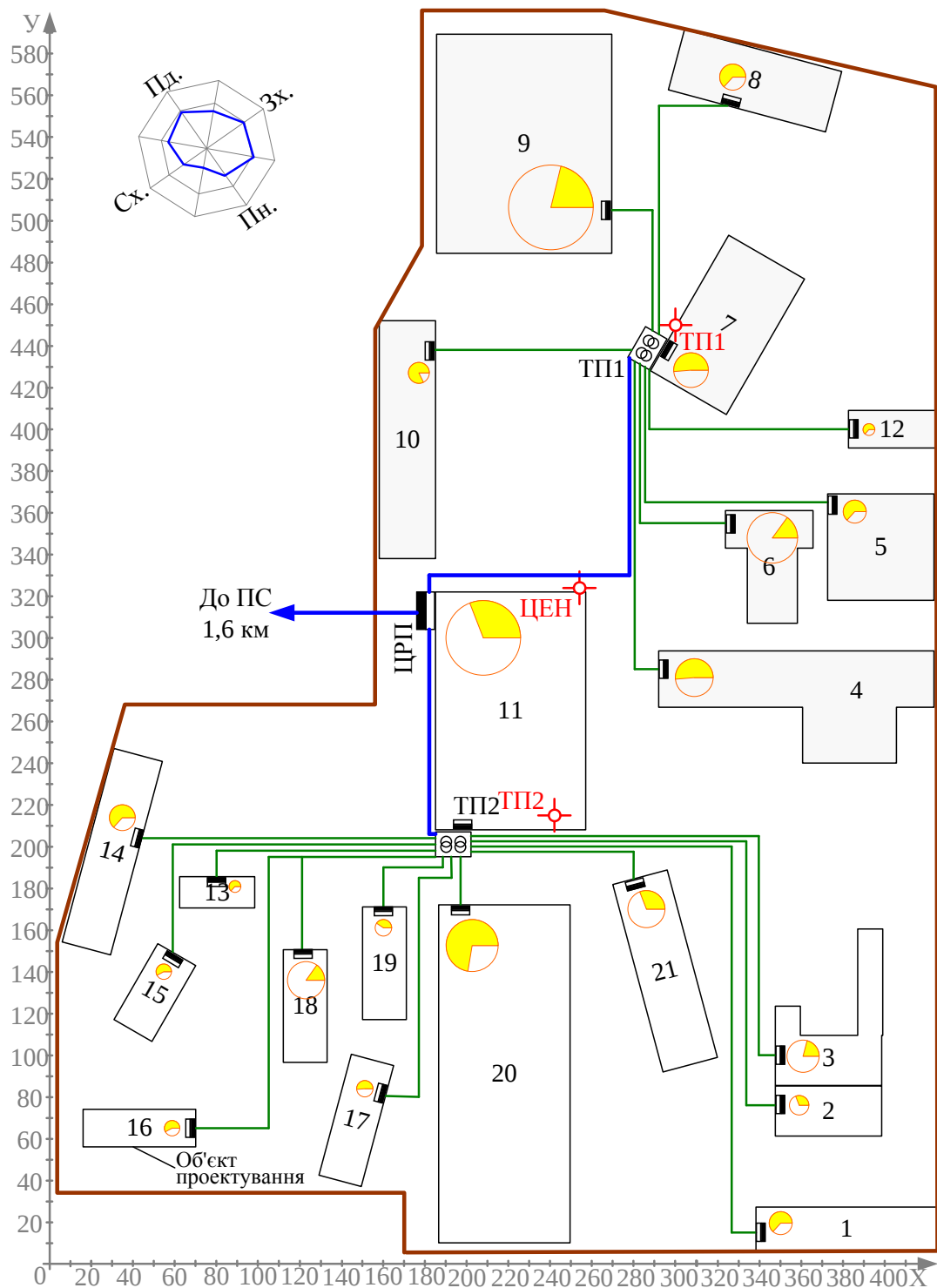


Рисунок 2.6 – Генеральний план підприємства

2.11 Вибір схеми та основних елементів заводської мережі

Згідно з ПУЕ [1], електроустаткування має бути обране відповідно до типу установки, номінального струму та номінальної напруги, а також перевірено на теплову та динамічну стійкість в аварійних умовах експлуатації.

Високовольтний захисний вимикач вибирається відповідно до наступних умов:

$$U_{\text{НОМ.В}} \geq U_{\text{НОМ.мережі}}; \quad (2.52)$$

$$I_{\text{НОМ.В}} \geq I_{\text{max}}; \quad (2.53)$$

Визначимо I_{max} для нормального режиму роботи ЦРП:

$$I_p = \frac{S_p}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2963,06}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 83,86 \text{ (A)};$$

$$I_{pa} = \frac{S_p \cdot k_{\text{н.па}}}{k \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{2963,06}{\sqrt{3} \cdot 10} = 167,72 \text{ (A)};$$

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

На лініях 10 кВ доцільно використати вакуумні вимикачі типу ВРС-10-20/630 [18]. Для даних силових вимикачів величина номінального струму рівна $I_{\text{НОМ.В}} = 630 \text{ A} > I_{\text{м.ав}} = 178,4$.

Попередньо було обрано типу АПвЭгаПу-10 3×70 [16] прокладені в землі.

Перевірка допустимого нагрівання кабелів:

$$I_p \leq k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot I_{\text{доп}}; \quad (2.54)$$

- де k_1 - коефіцієнт, що характеризує температуру навколишнього середовища;
 k_2 - коефіцієнт, що характеризує глибину прокладення кабелів в землі;
 k_3 - коефіцієнт, що характеризує питомий термічний опір ґрунту;
 k_4 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в землі;
 k_5 - коефіцієнт враховує кількість паралельно прокладених кабелів в повітрі;
 k_6 - коефіцієнт, що характеризує вплив перерізу екрана.

$$167,72 \text{ (A)} \leq 1,07 \cdot 0,95 \cdot 1,32 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 0,98 \cdot 171 = 179,9 \text{ (A)}.$$

Умови виконуються..

У таблиці 2.13 наведена інформація про обрані типи вимикачів і ліній електропередачі.

Таблиця 2.13 – Захисні апарати та лінії живлення СЕП

Лінія	S_p , кВА	I_p , А	I_{pa} , А	Вимикач	$I_{ном}$, А	Провідник	S , мм ²	$I_{доп}$, А
С–ЦРП	2963,06	83,86	167,72	ВРС-10-20/630 УЗ	630	АПвЭгаПу-10	3×70	171
ЦРП–ТП-1	1453,63	42	84	ВРС-10-10/400 УЗ	400	АПвЭгаПу-10	3×35	119
ЦРП–ТП-2	1627,57	47	94	ВРС-10-10/400 УЗ	400	АПвЭгаПу-10	3×35	119

Схема підприємства показана на рисунку 2.7.

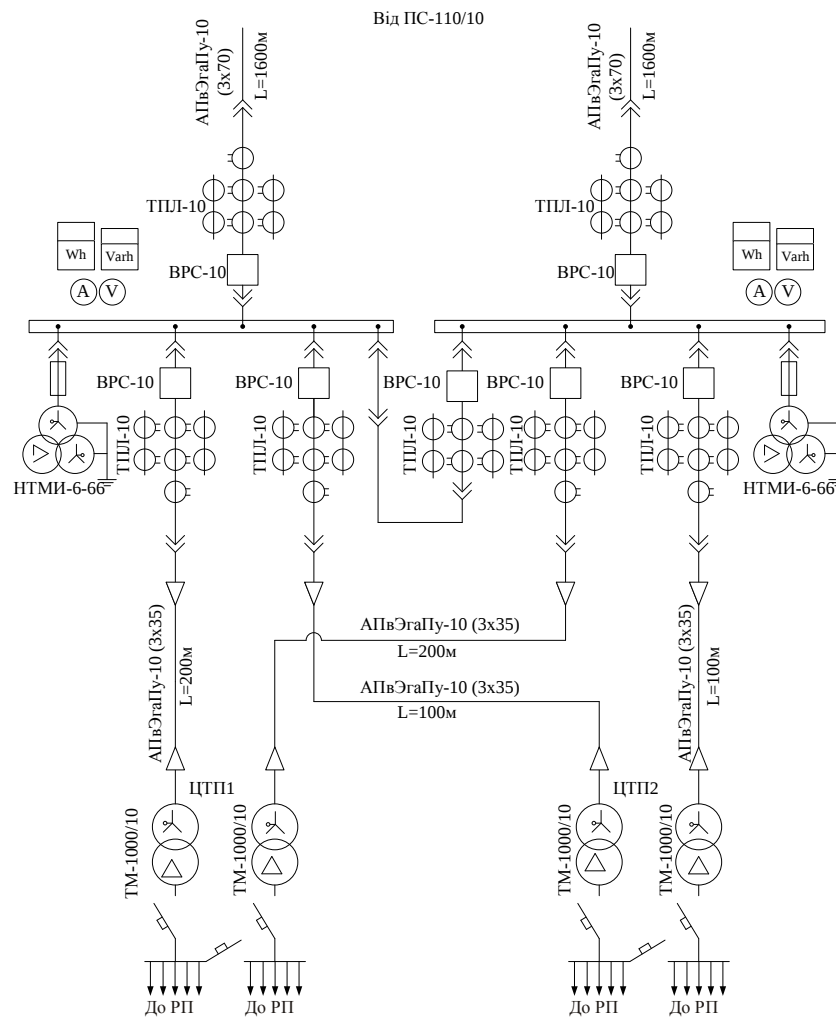


Рисунок 2.7 – Схема внутрішньозаводського електропостачання

2.12 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Для того щоб провести необхідну перевірку обраного високовольтного вимикача і обраної лінії живлення, розраховується струм короткого замикання [9].
Схема розрахунку наведено на рисунку 2.8.

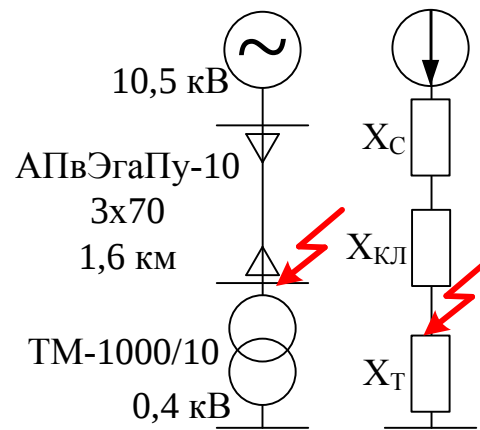


Рисунок 2.8 – Розрахункова та заступна схеми

Формули та результати розрахунку струмів КЗ приведені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Формули для розрахунку струмів КЗ

Назва параметра	Формула	Розрахунок
Опір системи, Ом	$X_c = \frac{U_{c.н.}}{\sqrt{3} \cdot I_K}$	$X_c = \frac{10,5 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 34944} = 0,173$
Опір лінії живлення, Ом	$X_{л} = X_0 l \left(\frac{U_{c.н.}}{U_{c.н.л}} \right)^2$	$X_{л} = 0,443 \cdot 1,6 \cdot \left(\frac{10,5}{10} \right)^2 = 0,781$
Сумарний опір від системи до точки К, Ом	$X_{\Sigma} = X_c + X_{л}$	$X_{\Sigma} = 0,173 + 0,781 = 0,955$
Періодична складова струму трифазного КЗ в початковий момент часу, кА	$I_{п0} = \frac{U_{c.н.}}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}}$	$I_{п0} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,955} = 6,348$
Постійна часу затухання аперіодичної складової струму, с	$T_{ac} = \frac{X_{\Sigma}}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot R_{\Sigma}}$	$T_{ac} = \frac{5}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,5} = 0,032$
Час вимкнення КЗ, с	$t_{вим} = t_{pz.min} + t_{в.в.}$	$t_{вим} = 0,5 + 0,1 = 0,6$
Аперіодична складова струму КЗ	$i_{ат.С} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot e^{\frac{-t_{вим}}{T_{ac}}}$	$i_{ат} = \sqrt{2} \cdot 6,348 \cdot e^{\frac{-0,6}{0,032}} = 1,215$
Ударний струм КЗ, кА	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{ПО} \cdot \left(1 + e^{\frac{-\tau}{T_{ac}}} \right)$	$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 6,348 \cdot \left(1 + e^{\frac{-0,01}{0,032}} \right) = 15,4$
Тепловий імпульс, $кА^2 \cdot с$	$B_k = I_{ПО}^2 \cdot (t_{від} + T_{ac})$	$B_k = 15,4^2 \cdot (0,6 + 0,032) = 25,4$

Проводимо необхідні перевірки згідно [9] обраних вимикачі ВРС-10 на необхідні режими роботи, а результати даної перевірки представимо в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 – Формули для перевірки обраного типу вимикачів

Умова вибору	Номинальні параметри	Розрахункові параметри
$I_{\text{ном.від}} = I_{\text{Пт.}}$	$I_{\text{ном.від}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{Пт}} = I_{\text{ПтС}} = 6,348 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{\text{ном.від}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{Н}}}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{\text{Пт}} + i_{\text{ат}}$	$\sqrt{2} \cdot 40 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) = 68,45 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot 6,349 + 1,215 = 10,2$
$i_{\text{дин}} \geq i_{\text{уд}}$	$i_{\text{дин}} = 128 \text{ кА}$	$i_{\text{уд.С}} = 15,4 \text{ кА}$
$I_{\text{дин}} \geq I_{\text{ПО}}$	$I_{\text{дин}} = 40 \text{ кА}$	$I_{\text{ПО}} = 6,348 \text{ кА}$
$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} \geq B_{\text{к}}$	$I_{\text{Т}}^2 \cdot t_{\text{Т}} = 40^2 \cdot 4 = 6400 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_{\text{к}} = 25,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

Отже необхідні умови перевірки силових вимикачів виконуються.

Переріз КЛ за термічною стійкістю до дії струмів КЗ [10]:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_{\text{т}}}; \quad (2.55)$$

$$s = 70 \text{ (мм}^2\text{)} \geq s_{\min} = \frac{6,348 \sqrt{0,6}}{94} = 52,3 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

В результаті вибрані кабельні лінії задовольняють вимоги щодо термічної стійкості до струмів короткого замикання.

Висновки У цьому розділі було проведено аналіз системи електропостачання ПАТ "БМБЗ". Для цього було вирішено такі завдання:

- здійснено розрахунок системи електропостачання ремонтно-складального цеху та всього підприємства;
- при порівнянні двох варіантів реалізації СЕП обрано кількість, потужність та розташування підстанцій відповідно до критеріїв економічної ефективності;
- вибрані перерізи та марки живильних ліній для мережі 10 кВ та перевірені на можливість роботи в аварійному режимі;
- здійснено вибір та аналіз засобів захисту електрообладнання відповідно до чинних норм.

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

3.1 Аналіз використання АСФ для усунення вищих гармонік

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

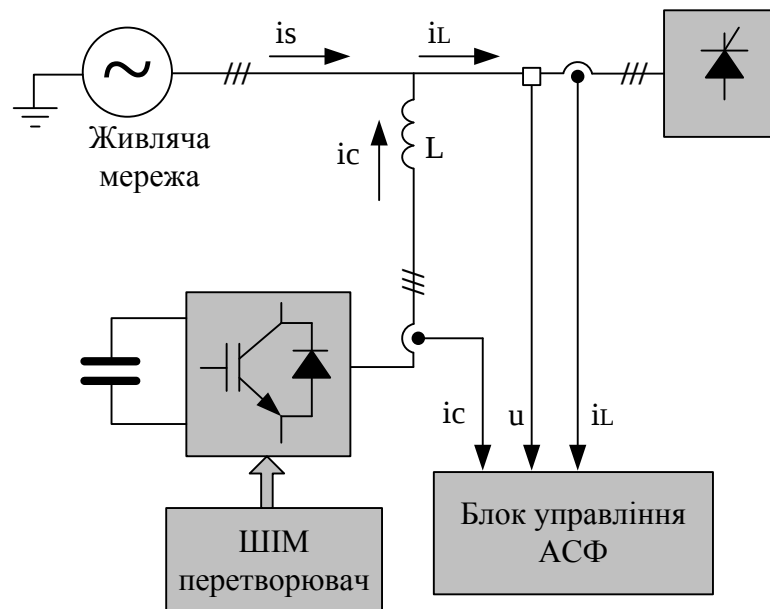


Рисунок 3.1 – Узагальнена структурна схема паралельного АСФ

Активний фільтр конструктивно складається з двох основних систем: управління та силової (виконавчої). Силова система фільтра складається з

трифазного напівпровідникового моста на основі IGBT-транзисторів. Також бувають і інші конфігурації повністю керованих елементів.

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

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

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

Активний фільтр містить протифазні значення струму щодо гармоніки навантаження мережі:

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

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

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

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

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

При необхідності збільшення напруги на навантаженні активна потужність буде передаватися від інверторного моста АФ1 до інверторного мосту АФ2, так що напруга АФ, а з ним і напруга на навантаженні будуть збільшуватися. При необхідності зменшення напруги на навантаженні активна потужність буде передаватися від інверторного моста АФ2 до інверторного мосту АФ1 так, що напруга АФ, а з ним і напруга на навантаженні будуть зменшуватися. Таким чином, послідовний АСФ на базі інверторного моста АФ1 буде забезпечувати не тільки

синусоїдальність напруги на навантаженні, але і стабілізацію її при коливаннях напруги в мережі і при зміні напруги навантаження [29]. При цьому амплітудне і діюче значення напруги АФ будуть визначатися коефіцієнтом передачі трансформатора Т2 і дією імпульсів напруги U_d , що формуються мостовим інвертором АФ1 в процесі формування напруги АФ за допомогою широтно-імпульсної модуляції.

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

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

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

У симетричній системі електропостачання діють напруги, для яких справедливо:

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

Значення струм мережі:

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

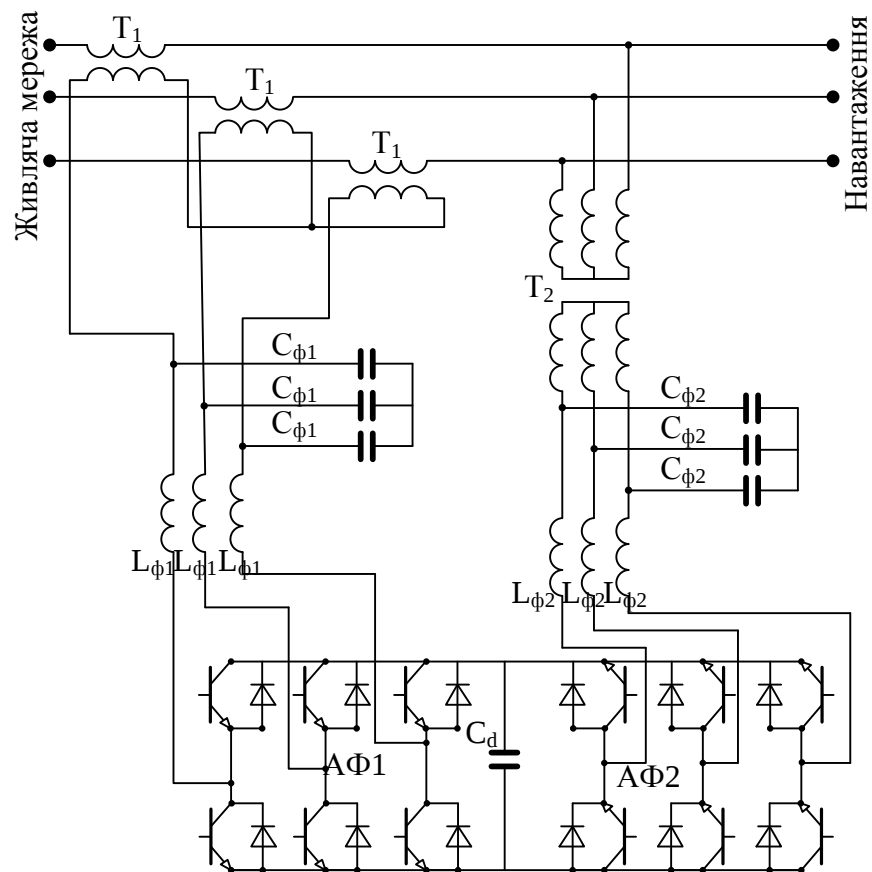


Рисунок 3.2 – Трифазна схема послідовно-паралельного включення АСФ

Роботу АСФ можна представити за допомогою системи диференціальних рівнянь:

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

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

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

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

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

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

Керовані струми i_a , i_c необхідно зменшуватися, а i_b необхідно збільшувати. Для диференціальних струмів АСФ повинна виконуватися нерівність:

$$\frac{di_a}{dt} \leq 0, \frac{di_b}{dt} \geq 0, \frac{di_c}{dt} \leq 0.$$

3.2 Розробка цифрової моделі АСФ в MATLAB Simulink

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

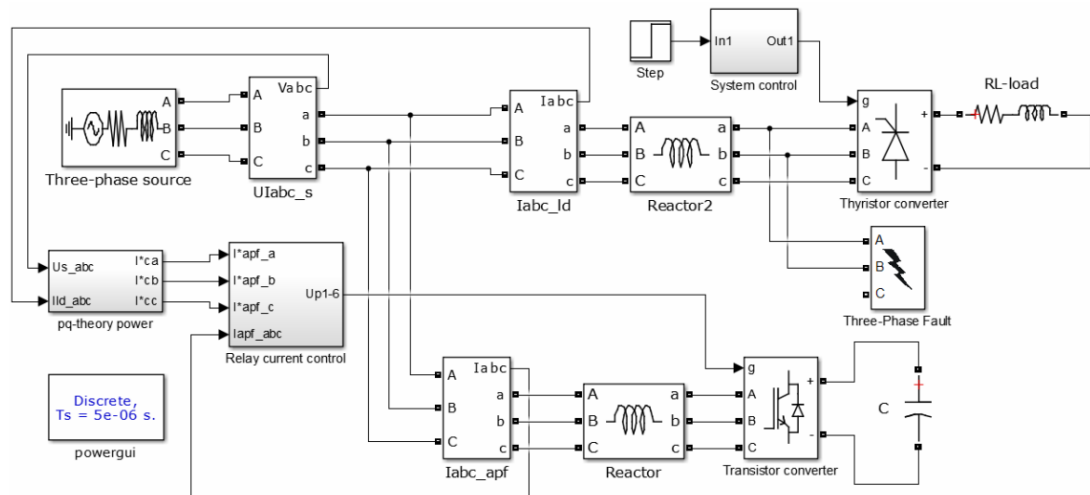


Рисунок 3.3- Matlab Simulink модель СЕП з трифазним АСФ

Система містить наступні основні елементи:

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

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

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

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

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

Таблиця 3.1- Обрані параметри для моделювання для семеричного нелінійного навантаження

R	30 Ом
L	30 мГн

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

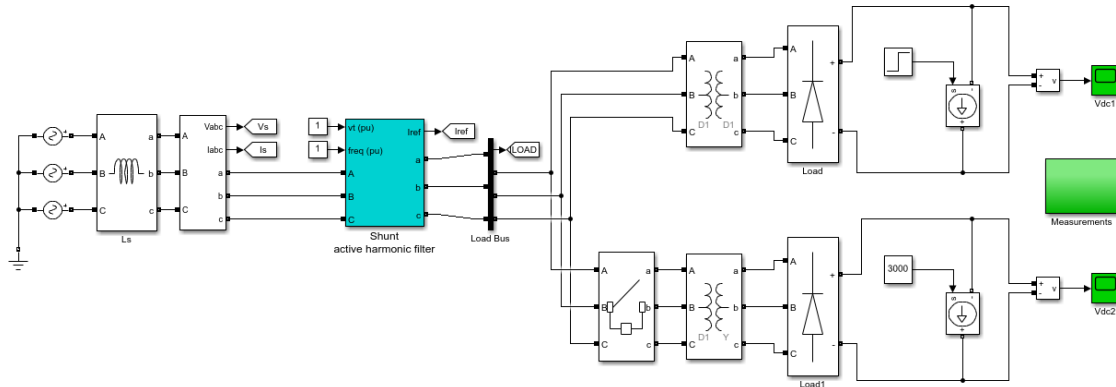


Рисунок 3.4 – Математична модель АСФ реалізована в Matlab Simulink

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

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

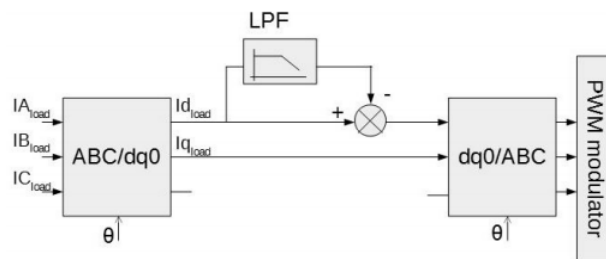


Рисунок 3.5 – Система управління АСФ

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

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

3.3 Моделювання основних режимів роботи активного силового фільтра

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

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

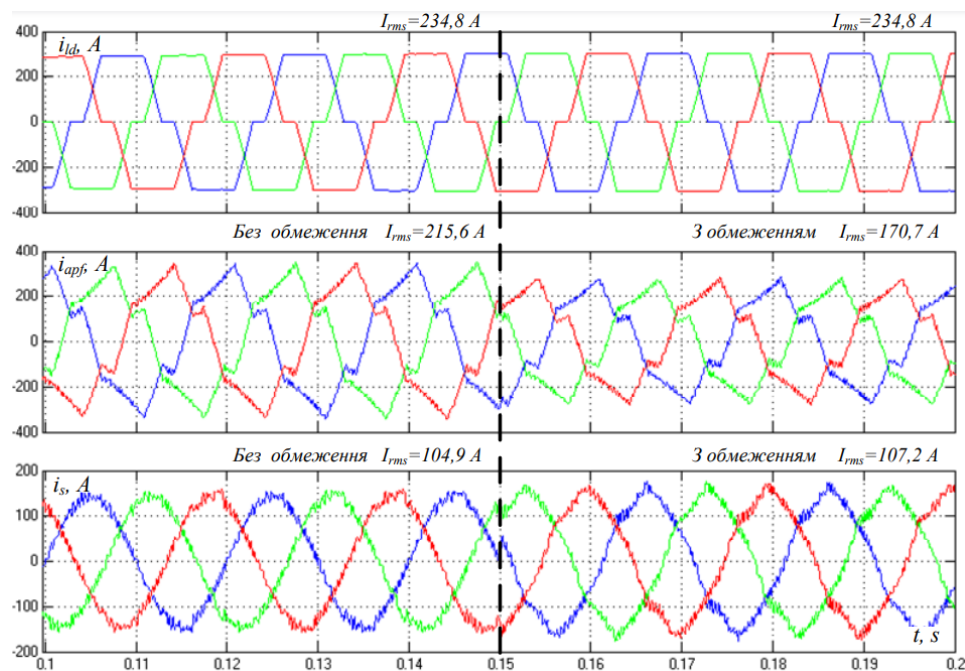


Рисунок 3.6- Осцилограми струму навантаження, поточного струму АСФ та струму мережі "без" та "з" обмеженням за максимальним значенням струму

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

Реалізація умов режиму короткого замикання передбачає порушення роботи блоку системи (pq-theory power control), результатом чого є падіння величини напруги мережі. При цьому АСФ продовжує забезпечувати компенсацію струму навантаження, та обмеження струму на інтервалі 0,1-0,15 с.

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

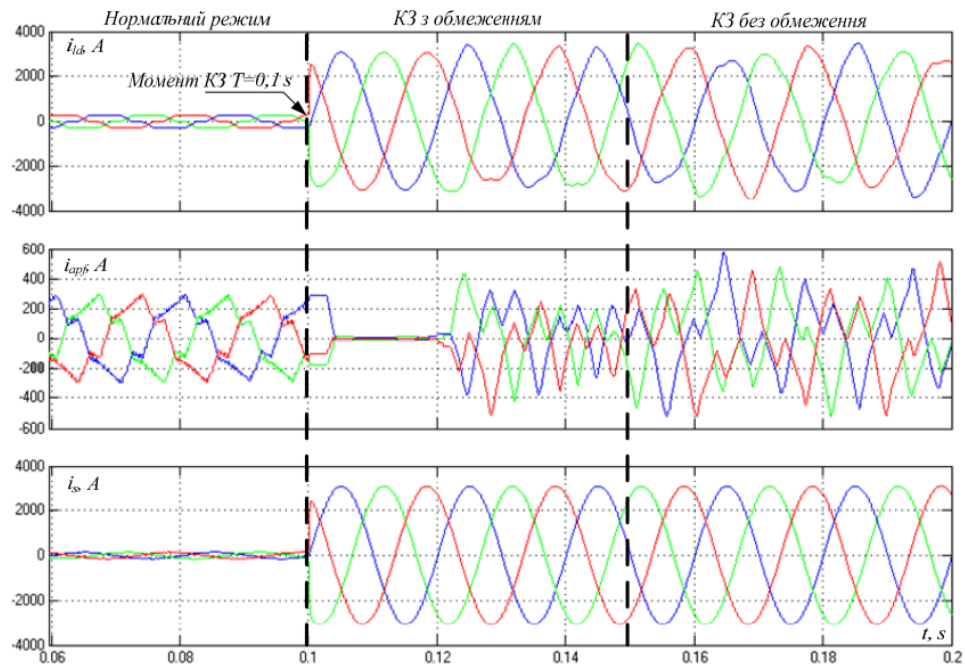


Рисунок 3.7 – Осцилограми струму навантаження, поточного струму САФ та струму мережі в режимі КЗ "з" обмеженням та "без" обмеження за максимальним значенням струму

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

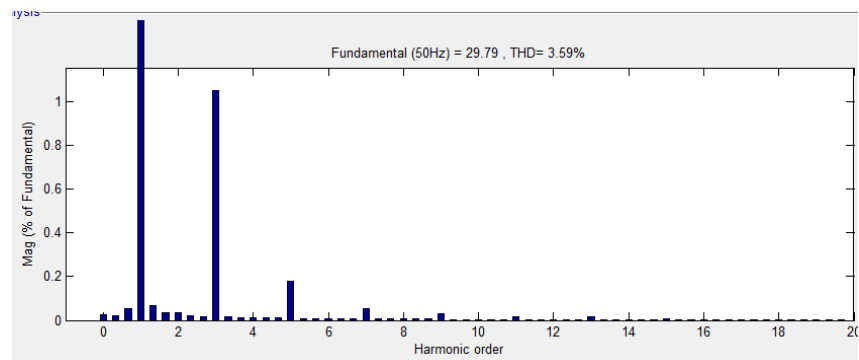


Рисунок 3.8 – Графік гармонічних складових струму

Проведене дослідження показує, що розглянутий алгоритм для управління АФ, базується на застосуванні пошукової оптимізації спільно з візуальної моделлю

СЕР. При цьому представляється можливим сформулювати цільову функцію з дискретних значень напруги на живлячому конденсаторі, а в якості змінних оптимізації використовувати амплітуду еталонного синусоїдального сигналу для запропонованої системи управління і початкове значення напруги на живлячому конденсаторі. Введення в вираз для цільової функції параметра стабілізації напруги на живлячому конденсаторі дозволяє також задати нормований рівень перевищення напруги на конденсаторі над амплітудою лінійної напруги мережі, забезпечивши тим самим потрібний напрямок потоку потужності від фільтра до мережі. Реалізація запропонованої моделі дозволяє захистити силову частину АСФ у разі аварійних режимів перевантаження та короткого замикання, та забезпечує автоматичне поновлення нормального режиму роботи АСФ після усунення аварійних режимів системою протиаварійної автоматики.

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

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

У розділі бакалаврської дипломної роботи розглядаються заходи з охорони праці в процесі аналізу енергоефективності системи електропостачання ПАТ «Барський машинобудівний завод». Отже, на оперативно-ремонтний персонал, який здійснює заходи з підвищення енергоефективності системи електропостачання, впливають такі шкідливі виробничі фактори [21, 22]:

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

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

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

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації обладнання

4.1.1 Вимоги з безпечної організації робочих місць

Для забезпечення робіт, що їх проводить оперативно-ремонтний персонал в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу

місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється: одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III – без місцевих оперативних працівників; працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий – групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

4.1.2 Електробезпека

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

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

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги.

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

3) Електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

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

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

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оперативного персоналу передбачається:

- в холодну пору року – використання калорифера;
- в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву.

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (CO)	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для підтримки допустимих значень шкідливих речовин потрібно передбачати установки або прилади зволоження та/або штучної іонізації, кондиціонування повітря.

4.2.3 Виробниче освітлення

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, будівельно-монтажні роботи потребують освітлення, яке характеризується розрядом зорової роботи III, підрозряд «в».

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

Нормовані значення штучного, природного та суміщеного освітлення наведені в таблиці 4.4.

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

Таблиця 4.4 – Вимоги до освітлення приміщень, що будуються

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

4.2.4 Виробничий шум

Шум вище гранично допустимих рівнів несприятливо діє на людину. Шум у приміщеннях широкосмуговий. Нормуємо шум на робочому місці. Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях, де використовується будівельна техніка, мають відповідати вимогам СН 3223, ГОСТ 12.1.003 і наведені в табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні звуку, еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску в октавних смугах частот

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах із середньо геометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Виконання усіх видів робіт на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для забезпечення допустимих рівнів шуму на робочих місцях потрібно застосовувати засоби звукопоглинання, вибір яких має обґрунтовуватись спеціальними інженерно-акустичними розрахунками: ширми, екрани зі звукопоглинаючих матеріалів, використання сертифікованого будівельного інструменту та індивідуальних засобів захисту.

4.3 Пожежна безпека

Приміщення ПАТ «Барський машинобудівний завод» за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відносяться до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище

речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами II-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будівлі з несучими і огорожувальними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових та плиткових негорючих матеріалів. В покриттях будівель допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 4.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 4.8 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських споруд слід приймати за таблицею 4.8 (знаменник).

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості і будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зов-ніш-ні не-несу-чі	внут-рішні не-несучі (пере-город-ки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
II	6/9	8/9	10/12

На території підприємства встановлено 55 вогнегасників ВП-5.

Висновки. В даній частині дипломної роботи був проведений аналіз безпеки життєдіяльності на підприємстві, проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори, які впливають на робочий персонал цеху. Встановленні технічні рішення що до безпечної експлуатації об'єкта, системи запобігання пожежі, гігієни праці та виробничої санітарії.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання БДР щодо розробки системи електропостачання приватного акціонерного товариства “Барський машинобудівний завод”, під час розрахунку доцільних та оптимальних проектних рішень для розробки проекту СЕП підприємства обрано наступні проектні рішення:

Для мережі цеху здійснено розрахунок навантаження. Обрано лінії живлення та захисних апаратів. Проведено перевірку захисного обладнання, на можливість селективного відключення струмів короткого замикання.

Здійснено розрахунок навантажень підприємства в цілому та цехів окремо методами коефіцієнтів попиту та використання згідно чинних норм. Проведено розрахунок кількості, потужності та місця розташування цехових ТП, а саме для СЕП підприємства оптимальним є використання двох двотрансформаторних ЦТП марки ТМ – 1000/10. Було обрано оптимальний переріз кабельних ліній живлення підприємства. Підприємство доцільно здійснювати живлення від підстанції кабельними лініями 10 кВ марки АПвЭгаПу-10 $3 \times 70 \text{ мм}^2$ $L = 1,6 \text{ км}$. Визначено оптимальний переріз КЛ 10 кВ заводської мережі, які прокладені в траншеях маркою АПвЭгаПу-10 перерізом 35 мм^2 .

Для розміщення ЦРП розраховувалися координати центру навантаження потужності. Таке розташування дозволяє встановити ЦРП в оптимальному місці з мінімальними втратами через перетікання потужності.

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

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

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

У розділі 4 аналізуються норми охорони праці та техніки безпеки для підприємства.

Проведені розрахунки дозволяють реалізувати СЕП з найбільш економічними параметрами роботи.

Дипломний проект розроблено відповідно до вимог ПУЕ та інших нормативних документів щодо надійності та якості електропостачання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
2. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папаїка Ю. А. Енергетична ефективність систем електропостачання : монографія. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2018. 148 с.
3. Власенко Р.В., Бялобржеський О.В. Застосування силового активного фільтру при компенсації компонент струму несиметричного нелінійного навантаження в чотирипровідній мережі // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки. –2015. – №31. – С. 156-165.
4. Способи економії електроенергії на підприємстві. URL: <http://vinmayak.pat.ua/> (дата звернення: 16.05.2024).
5. СОУ НЕК 03.120.4-14:2021 Норми якості електричної енергії в магістральних та міждержавних електричних мережах НЕК Укренерго. [Чинний від 03.02.2021]. Науково-технічний центр електроенергетики «НЕК «Укренерго», 2021. 316 с. (Інформація та документація).
6. РТМ 36.18.32.4-92: 1993. Методика розрахунку електричного навантаження. 9с.
7. Промислові автоматичні вимикачі ЕВ та ЕВ2. URL: <https://www.eti.ua/produktsiya-ua/etibreak/eb2/> (дата звернення: 16.05.2024).
8. Кабельно-провідникова продукція. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189/> (дата звернення: 17.05.2024).
9. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDT): 2008. Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання. . [Чинний від 01.01.2008]. Київ, 2008. 82 с. (Інформація та документація).
10. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.

11. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 159 с.
12. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 89 с.
13. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах : монографія. Вінниця : ВНТУ, 2006. 95 с.
14. ДСТУ 3463-96: 1999. Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів. [Чинний від 01.01.1999]. Київ, 1999. 204 с. (Інформація та документація).
15. Тарифи ПАТ "Вінницяобленерго" : веб-сайт. URL: <http://www.voe.com.ua/consumers/individuals/fees> (дата звернення: 15.05.2021).
16. Офіційний сайт ПАТ «Завод Південкабель» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.yuzhcable.info>
17. Трансформатори силові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099>
18. Вимикачі навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756>
19. Камінський А. В. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж : монографія / А. В. Камінський, Б. І. Мокін – Вінниця: УНІВЕРСУМ - Вінниця, 2005. –122с.
20. Васильєв А.С., Боровиков Ю.С., Прохоров А.В. Спеціалізовані гібридні процесори для всережимного моделювання в реальному часі пристроїв FACTS / Енергетика очима молоді: Наукові праці III міжнародної науково-технічної конференції - Єкатеринбург, 22-26 жовтня 2012 р.
21. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

22. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.

23. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945.

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

25. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

26. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

29. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

30. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

31. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

32. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

33. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

35. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

3. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додатки

Додаток А

Вихідні дані

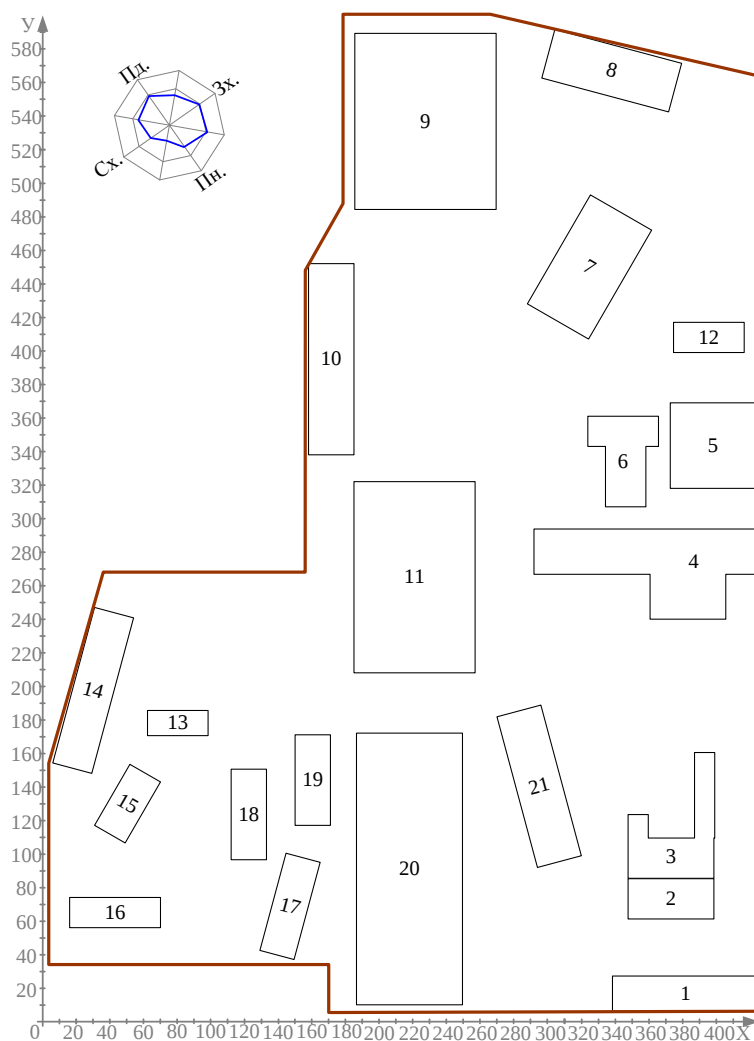


Рисунок А.1 – Генеральний план ПАТ «БМБЗ», м. Вінниця

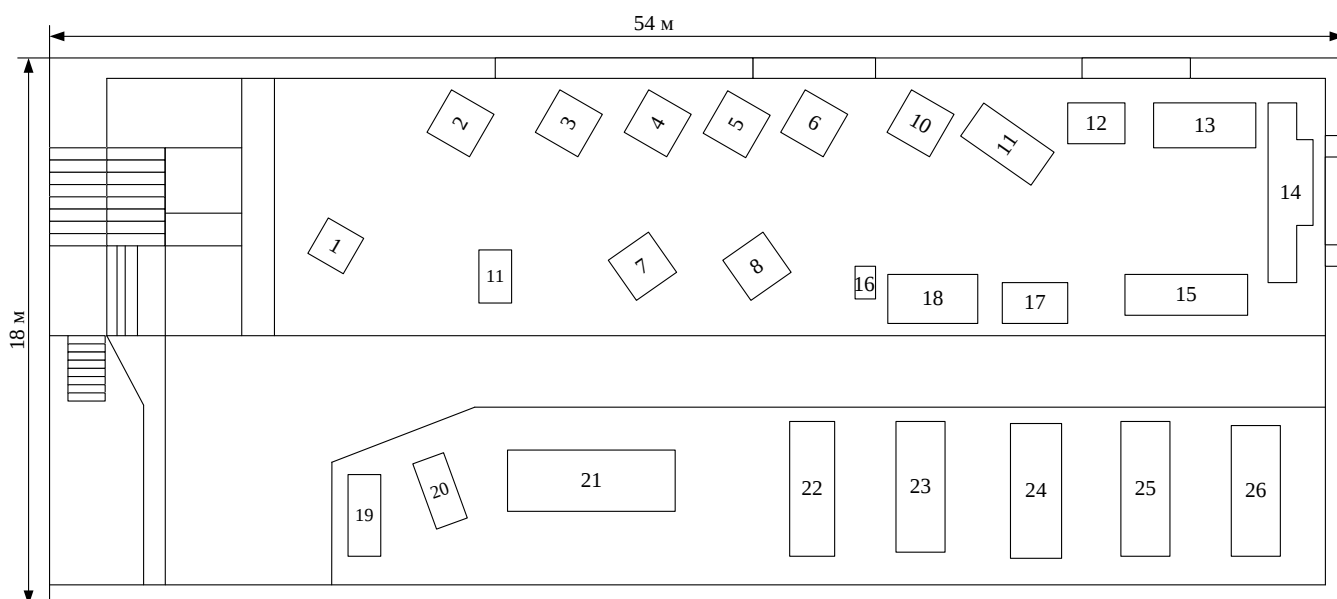


Рисунок А.2 – План механічного цеху

Таблиця А.1 – Відомості про електричні навантаження цехів

№	Назва	Р, кВт	Площа	X	Y
1	Заводоуправління	30	1827	382	17
2	Склад	25	1224	370	59
3	Ковальський цех	170	1530	370	108
4	Енергомеханічний відділ	75	4680	361	245
5	Їдальня	30	2601	399	321
6	Компресорна	361	1764	345	312
7	Цех точного литва	81	3150	343	453
8	Модельний цех	45	2340	338	567
9	Механічний цех	1287	8820	228	537
10	Відкритий склад металу	11	3078	169	367
11	Механоскладальний цех	800	9936	232	378
12	Хімічний склад	10	756	137	259
13	Тарний цех	16	540	80	178
14	Транспортний цех	45	2304	29	197
15	Гараж	13	882	50	130
16	Ремонтно-монтажний		972	43	65
17	Склад	12	1260	147	69
18	Парова котельня	160	1134	123	124
19	Склад готової продукції	18	1134	161	144
20	Цех метал.конструк-й	120	10206	218	91
21	Цех нової техніки	140	2511	292	126

Таблиця А.2 – Електричні навантаження цеху

№	Найменування обладнання	Рн (кВт)
1–5	Вертикально фрезерний	12
6–8	Горизонтально–фрезерний	7,5
9	Центровий	2
10	Зубофрезерний	10,5
11	Шліфувальний	8
12	Плоскошліфувальний	16
13	Внутрішньошліфувальний	5
14,15	Круглошліфувальний	10
16	Заточувальний	2,5
17,18	Токарний	5
19	Консольно–поворотний кран	4
20	Пилка відрізна	2,2
21	Токарно–гвинторізний	10
22–26	Токарно–гвинторізний	9

Додаток Б

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Розробка системи електропостачання приватного акціонерного товариства «Барський машинобудівний завод»

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	83.5
Схожість	16.5

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

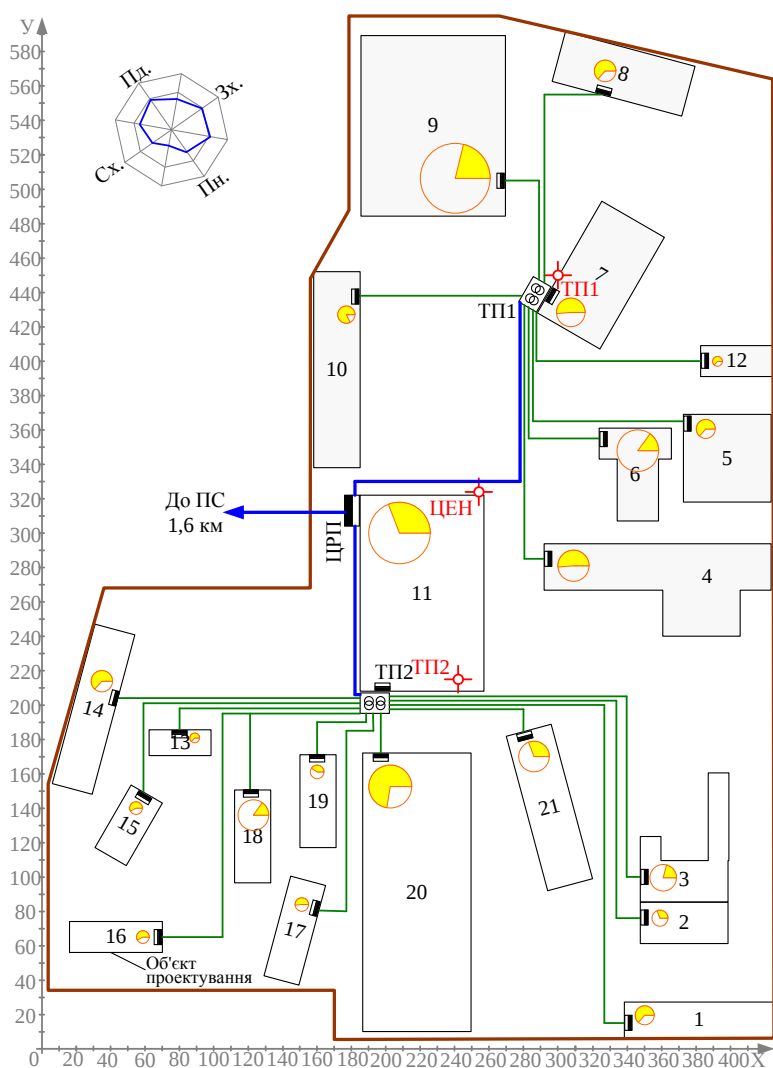
Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи _____ Липко О.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Бурбело М.Й.
(підпис) (прізвище, ініціали)

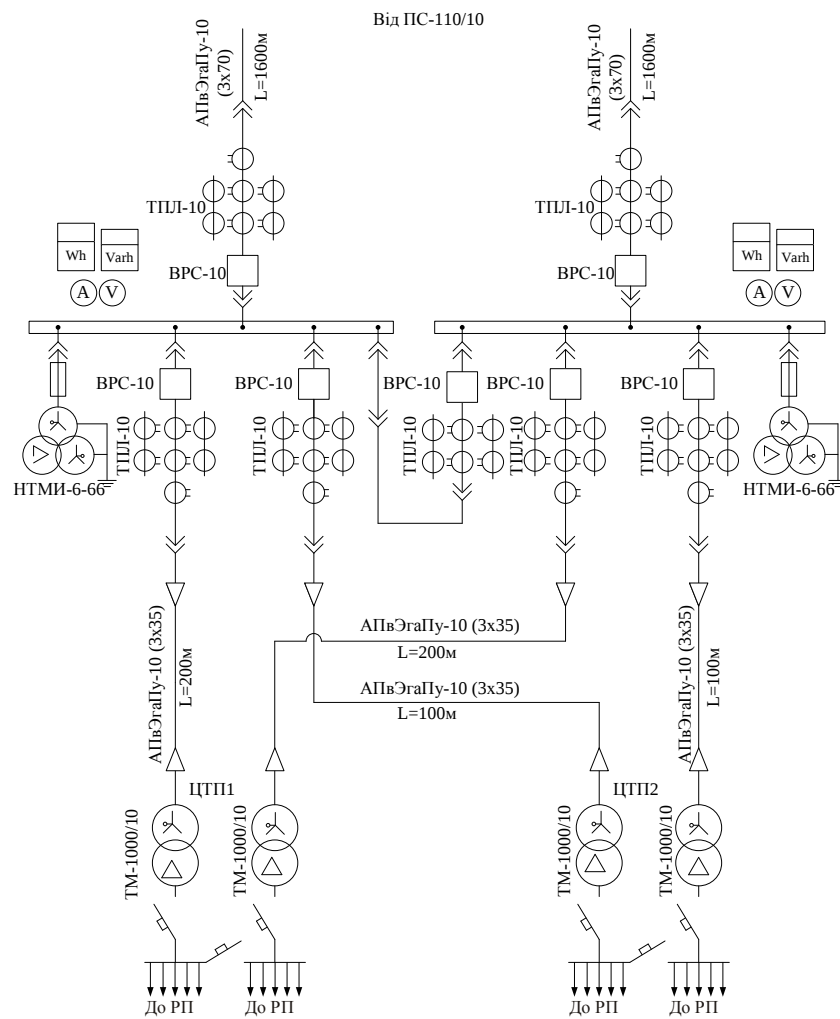
Додаток В – План підприємства із силовими розподільчими, та живильними мережами



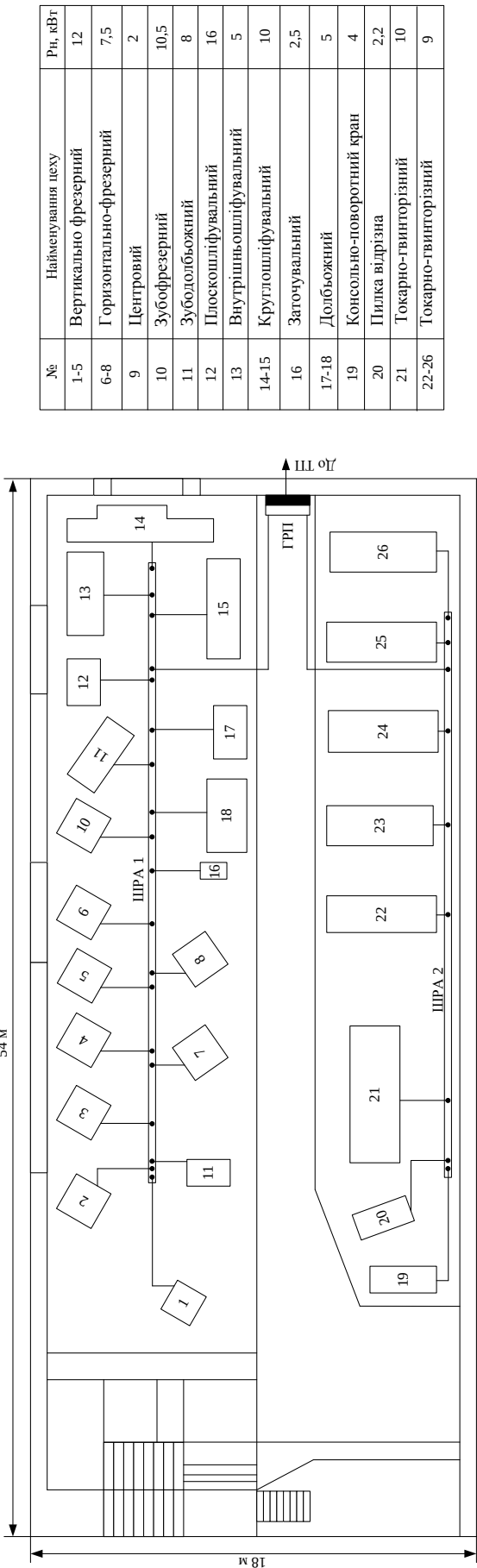
Заводоуправління	30	1827	382	17
Склад	25	1224	370	59
Ковальський цех	170	1530	370	108
Енергомеханічний відділ	75	4680	361	245
Їдальня	30	2601	399	321
Компресорна	361	1764	345	312
Цех точного литва	81	3150	343	453
Моделний цех	45	2340	338	567
Механічний цех	1287	8820	228	537
Відкритий склад металу	11	3078	169	367
Механоскладальний цех	800	9936	232	378
Хімічний склад	10	756	137	259
Тарний цех	16	540	80	178
Транспортний цех	45	2304	29	197
Гараж	13	882	50	130
Ремонтно-монтажний		972	43	65
Склад	12	1260	147	69
Парова котельня	160	1134	123	124
Склад готової продукції	18	1134	161	144
Цех метал.конструк-й	120	10206	218	91
Цех нової техніки	140	2511	292	126

Позначення	Найменування
	Трансформаторна підстанція
	Розподільчий пристрій
	Кабельні лінії 10 кВ
	Кабельні лінії 0,4 кВ

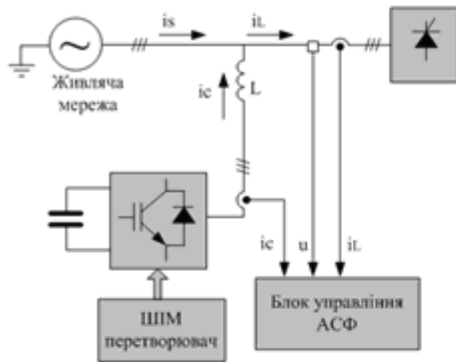
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства



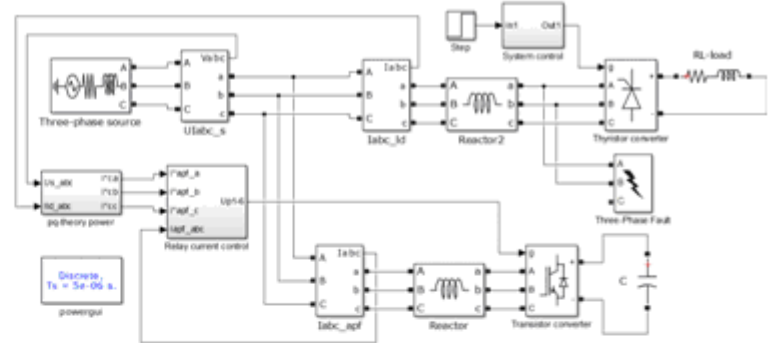
Додаток Д – План електропостачання цеху



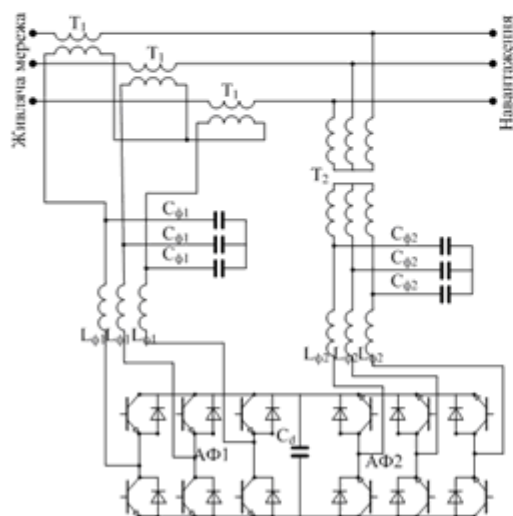
Додаток Ж – Модель АСФ в середовищі MATLAB



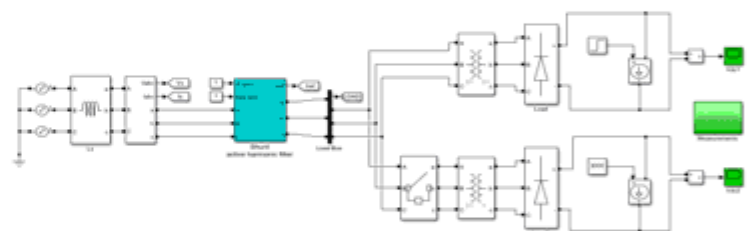
Узагальнена структурна схема паралельного АСФ



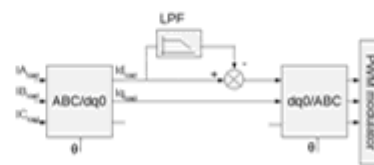
Matlab Simulink модель СЕП з тріфазним АСФ



Трифазна схема послідовно-паралельного включення АСФ



Математична модель АСФ реалізована в Matlab Simulink



Система управління АСФ

Додаток 3 – Результати моделювання основних режимів роботи АСФ

