

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістрський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Підвищення енергоефективності копрового цеху

ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1419 з
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

О.В. Милий

(ініціали та прізвище)

Керівник д.т.н., доц. Коваленко В.Л.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Дригинич І.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра _____ електротехніки та енергоефективності _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістрський) рівень _____
Спеціальність _____ 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
д.т.н., доц. В.Л. Коваленко
« 02 » 12 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Милий Олександр Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Підвищення енергоефективності копрового цеху
ПрАТ «Дніпроспецсталь»

керівник роботи Коваленко Віктор Леонідович, д.т.н., доцент

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

затверджені наказом ЗНУ від « 14 » вересня 2020 року № 1306-с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи Показники якості електроенергії системи електропостачання цеху відмінні від нормативів; розробка рекомендацій щодо нормалізації якості електроенергії; розрахунок втрат потужності і електричної енергії в системі внутрішньозаводського електропостачання; дослідження енергетичних показників роботи асинхронних двигунів в умовах неякісної електричної енергії

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз показників якості електроенергії на межі балансової приналежності копрового цеху. 2) Дослідження можливості підвищення енергоефективності копрового цеху 3) Техніко-економічні розрахунки щодо підвищення ефективності копрового цеху. 4) Охорона праці та техногенна безпека.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників)
 1) Аналіз енергоспоживання копрового цеху. Плакат. 2) Вплив відхилення показників якості електроенергії на роботу асинхронного двигуна. Плакат.
 Структурна схема факторів впливу та наслідків роботи АД при жорсткій неякісній електроенергії. Плакат. 4) Електрична принципова схема експериментальної дослідної установки. Плакат. 5) Дослідження при коефіцієнтах завантаження асинхронного двигуна. Плакат. 6) Техніко-економічні показники заходів щодо покращення показників електроенергії. Плакат. 7) Охорона праці та техногенна безпека. Плакат.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		
Розділ 2	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		
Розділ 3	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		
Розділ 4	Коваленко В. Л. к.т.н. доцент		

7 Дата видачі завдання _____

01.09.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	При
1	Аналіз показників якості електроенергії на межі балансової приналежності копрового цеху	30.09.2020	
2	Дослідження можливості підвищення енергоефективності копрового цеху	30.10.2020	
3	Техніко-економічні розрахунки щодо підвищення ефективності копрового цеху	19.11.2020	
4	Охорона праці та техногенна безпека.	30.11.2020	

Студент _____

(підпис)

О.В. Милий _____

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____

(підпис)

В.Л. Коваленко _____

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____

(підпис)

С.В. Башлій _____

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Милий О.В. Підвищення енергоефективності копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь». Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник В.Л. Коваленко. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра електротехніки та енергоефективності, 2020.

Досліджено показники якості електроенергії копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь» та сформульовано рекомендації щодо їх нормалізації; встановлено залежність енергетичних показників роботи асинхронних двигунів в умовах неякісної електричної енергії.

На прикладі копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь» підтверджена техніко-економічна доцільність запропонованих заходів.

Ключові слова: СИСТЕМА ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ПОКАЗНИКИ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ, РЕЖИМ РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

ABSTRACT

Mylyi O.V. Improving the energy efficiency of the copra shop of PJSC "Dniprospetsstal". Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor VL Kovalenko. Zaporizhzhya National University, Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2020.

The indicators of electricity quality of the copro shop of PJSC "Dniprospetsstal" are investigated and recommendations for their normalization

are formulated; the dependence of energy performance of induction motors in the conditions of low - quality electric energy is established.

The technical and economic feasibility of the proposed measures was confirmed on the example of the copra shop of PJSC "Dniprospetsstal".

Keywords: INDUSTRIAL ELECTRICAL SUPPLY SYSTEM, ELECTRICITY EXPENDITURE, ELECTRICITY QUALITY INDICATORS, REACTIVE POTENTIAL COMPENSATION, EQUIPMENT WORK MODE

АННОТАЦИЯ

Милый А.В. Повышение энергоэффективности копрового цеха ПАО «Днепроспецсталь». Квалификационная выпускная работа на соискание степени высшего образования магистра по специальности 141 - Электроэнергетика, электротехника и электромеханика, научный руководитель В.Л. Коваленко. Запорожский национальный университет, Инженерный учебно-научный институт, кафедра электротехники и энергоэффективности, 2020.

Исследованы показатели качества электроэнергии копрового цеха ПАО «Днепроспецсталь» и сформулированы рекомендации по их нормализации; установлена зависимость энергетических показателей работы асинхронных двигателей в условиях некачественной электроэнергии.

На примере копрового цеха ПАО «Днепроспецсталь» подтверждена технико-экономическая целесообразность предложенных мероприятий.

Ключевые слова: СИСТЕМА ПРОМЫШЛЕННОГО ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ, РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ, ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ, КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ, РЕЖИМ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ

ЗМІСТ

Вступ	9
1 Аналіз показників якості електроенергії на межі балансової приналежності копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»	13
1.1 Теоретичні відомості щодо показників якості електроенергії.....	13
1.2 Законодавчі вимоги до нормування якості електроенергії....	14
1.3 Вимоги до якості електроенергії на підприємстві.....	15
1.4 Норми якості електроенергії, що досліджуються на підприємстві.....	15
1.5 Організаційні заходи щодо вимірювання показників якості на підприємстві.....	19
1.6 Вибір пунктів вимірювання та експлуатаційний контроль якості електроенергії	20
1.7 Засоби вимірювання показників якості електроенергії.....	21
1.8 Вплив електромагнітних завад	27
1.9 Контроль якості електроенергії	29
1.9.1 Основні завдання та види контролю якості електроенергії.....	29
1.9.2. Вимоги стандарту до контролю якості електроенергії...31	
1.9.3. Знижки та надбавки до тарифу за якість електроенергії.32	
1.10 Коротка характеристика об'єкта дослідження	34
1.11 Система менеджменту якості підприємства	41
1.12 Аналіз електроспоживання підприємства	48
1.12.1 Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».....	48
1.12.2. Динаміка споживання електроенергії.....	50
2 Дослідження можливості підвищення енергоефективності копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».....	53

2.1	Постановка задач дослідження.....	53
2.2	Систематизація основних факторів, що впливають на ефективність роботи асинхронного двигуна при живленні неякісною електроенергією	55
2.3	Складання розрахункового алгоритму сумарних втрат.....	50
2.4	Експериментальні дослідження впливу показників якості електричної енергії на роботу АД.....	63
3	Техніко-економічні розрахунки щодо підвищення ефективності копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».....	69
3.1.	Обґрунтування доцільності впровадження заходів зі зниження споживання реактивної енергії.....	69
3.2	Визначення економічних показників впровадження компенсації реактивної потужності фільтрокомпенсуючими пристроями....	70
3.3	Аналіз вартості споживання реактивної потужності до і після реконструкції та заміни фільтрокомпенсуючих пристроїв	61
3.4	Визначення фінансово-економічних показників варіантів реконструкції та заміни ФКП.....	71
4	Охорона праці та техногенна безпека	79
4.1	Аналіз потенційних і шкідливих чинників виробничого середовища.....	79
4.2.	Технічні рішення з виробничої санітарії механічного цеху...82	
4.2.1	Опалення і вентиляція.....	82
4.2.2	Природне і штучне освітлення	83
4.2.3	Санітарно - побутові приміщення.....	85
4.2.4	Шум і вібрація в електролізному цеху.....	85
4.3	Заходи з поліпшення умов праці.....	86
4.4	Заходи з пожежної безпеки.....	89
4.5	Захисні заходи з електробезпеки.....	89
4.6	Засоби індивідуального захисту.....	90
4.7	Рішення щодо захисту навколишнього середовища.....	91

4.8 Інженерні рішення щодо забезпечення необхідного повітрообміну.....	92
Висновки.....	96
Перелік посилань.....	97

ВСТУП

Нині Україна є однією з провідних країн-виробників металургійної продукції у світі. Продукція металургійного комплексу є основою індустріалізації національної економічної системи загалом. Металургійний комплекс забезпечує виробництво таких конструкційних матеріалів, як чавун, сталь, видобуток і виплавку алюмінію, прокат тощо.

В Україні вже сформувалися усталені технології виробництва та прокату металу, якими користуються металургійні підприємства й до сьогодні. Прокатні вироби у залежності від виду прокату поділяються на чотири групи: сортовий прокат, листовий, спеціальний прокат, труби. Сортний прокат складає 43 % в долі експорту прокатної продукції досягнувши рівня 4 277 млн. т продукції на рік. У прокатному виробництві енергоємність продукції перевищує світові показники більш, ніж на 35%.

Згідно з наказом щодо галузевої програми енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 року визначено, що оптимальним шляхом рішення проблеми підвищення енергоефективності прокатного виробництва є його інвестиційно-інноваційний розвиток. Завдяки такому вибору забезпечується комплексний розвиток галузі за рахунок реалізації заходів, направлених на технічне оновлення виробництва, використання науково-технічного потенціалу країни і формування високотехнологічного виробництва.

Як відомо, в даний час більше 60% усієї вироблюваної в світі електроенергії споживається електродвигунами. Найбільшого поширення набули електроприводи з двигунами постійного струму і асинхронними двигунами з короткозамкненим ротором (АД). Причому близько половини вироблюваної в світі електроенергії споживається АД. Зазначені співвідношення справедливі і для України.

Електромеханічне обладнання, що використовується в електроприводах, призначене для роботи в умовах симетрії і синусоїдальності напруги живлення,

відсутності його коливань і сталості частоти. При відхиленні вказаних показників якості електроенергії від нормованих стандартом [1] значень, нормальна робота електрообладнання або взагалі не можлива, або може бути забезпечена тільки при значному зниженні навантаження. Питання вплив відхилень показників якості електроенергії на роботу електроприймачів, а також АД присвячені роботи таких вчених, як Жежеленко І.В. [2], Луговий А.В., Чорний О.П. [3], А.А. Федоров А.А. [4] і т.д. Раніше проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що робота електромеханічних перетворювачів в умовах неякісної електроенергії призводить до зниження працездатності і надійності АД. Теоретичні основи і розрахунки | зменшення терміну служби і надійності АД викладені в працях Жежеленко І.В. [5,6], Ю.Л. Саєнко Ю.Л. [7].

Об'єкт дослідження – система енергоспоживання копрового цеху промислового підприємства ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Предмет дослідження – вплив показників якості електричної енергії на роботу обладнання цеху та на ефективність системи електропостачання даного об'єкта.

Завдання роботи – визначення показників якості електроенергії системи електропостачання копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»; розробка рекомендацій щодо нормалізації якості електроенергії; розрахунок втрат потужності і електричної енергії в системі внутрішньозаводського електропостачання; дослідження енергетичних показників роботи асинхронних двигунів в умовах неякісної електричної енергії

Проблема підвищення якості електроенергії є однією з основних проблем, яку повинні вирішувати енергослужби ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Для підвищення якості електроенергії в частині зниження коефіцієнта несинусоїдальності та вищих гармонійних складових, а також компенсації реактивної потужності, до секцій шин 10кВ, від яких отримують живлення випрямні агрегати серій обладнання, підключені фільтрокомпенсуючі пристрої. Проведена ця робота на початку 90-х років. На першій секції першої системи

шин були встановлені фільтри стандартного пристрою ТКРМ, на третій і четвертій секціях першої системи шин - спеціально розроблені пристрої БК-3, БК-5, БК-4, БК-6. На другій секції першої системи шин через особливості трансформатора Т-2 підстанції ПАТ «Запоріжобленерго» фільтрокомпенсуючі пристрої взагалі не були встановлені. За минулі роки відбулися зміни і в обладнанні підстанції, і в режимі роботи системи внутрішньозаводського електропостачання, і в самих фільтрокомпенсуючих пристроях та їх підключення. Крім того, на підприємстві мають місце потужні однофазні навантаження - однофазні руднотермічні печі. В цьому випадку з'являється проблема несиметрії напруги і, можливо, вищих гармонійних складових. Тому, з урахуванням збільшених вимог енергопостачальної організації, забезпечення якості електричної енергії на межі балансової належності є актуальною проблемою.

Для цього необхідно провести вимірювання якості електроенергії, виявити відхилення показників якості електроенергії, що перевищують нормовані значення, дослідити ефективність існуючих фільтрокомпенсуючих пристроїв і виробити рекомендації щодо нормалізації якості електроенергії.

Відхилення частоти регулюється живильною енергосистемою і залежить тільки від неї. Окремі ЕП на промислових підприємствах (а тим більше в побуті) не можуть вплинути на цей показник, так як потужність їх незрівнянно мала в порівнянні з сумарною потужністю генераторів електростанцій енергосистеми. Коливання напруги, не симетрія і несинусоїдальність напруги викликаються, в основному, роботою окремих потужних ЕП на промислових підприємствах, і тільки величина цих ПКЕ залежить від потужності живильної енергосистеми в даній точці підключення споживача. Відхилення напруги залежать як від рівня напруги, що подається енергосистемою на промислові підприємства, так і від роботи окремих промислових ЕП, особливо з великим споживанням реактивної потужності. Тому питання КЕ слід розглядати в безпосередньому зв'язку з питаннями компенсації реактивної потужності. Тривалість провалу напруги, імпульсна напруга, коефіцієнт тимчасової

перенапруги, як уже зазначалося, обумовлюються режимами роботи енергосистеми.

Стандартом встановлюються способи розрахунку і методики визначення ПКЕ і допоміжних параметрів, вимоги до погрішностей вимірів і інтервалах усереднення ПКЕ, які повинні реалізовуватися в приладах контролю КЕ при вимірах показників і їх обробці.

Таким чином, при виконанні цієї роботи вирішуються наступні завдання:

1) проведення вимірювань показників якості електроенергії на всіх точках межі балансової приналежності цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».

2) дослідження ефективності роботи фільтрокомпенсуючих пристроїв як для компенсації споживаної реактивної потужності, так і підвищення якості електроенергії.

3) вироблення рекомендацій щодо нормалізації якості електроенергії на межі балансової належності копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь».

1 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА МЕЖІ БАЛАНСОВОЇ ПРИНАЛЕЖНОСТІ КОПРОВОГО ЦЕХУ ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

1.1 Теоретичні відомості щодо показників якості електроенергії

Під якістю електроенергії (ЯЕ) розуміють сукупність її параметрів (властивостей), що задовольняють потребам різних електроприймачів відповідно до їх призначення. Забезпечення якості електроенергії на необхідному рівні - одна з найважливіших задач електроенергетики.

У зв'язку з нерозривністю виробництва і споживання електроенергії її якість визначається не тільки виробником (його генеруючим, трансформуючим, що передає і розподіляє обладнанням), але і споживачем електроенергії, характеристиками електроприймачів. Тому внаслідок різноманітності характеристик електроприймачів якість електроенергії в різних частинах навіть однієї енергосистеми може бути різним. Більше того, зміна якості електроенергії, що виникає у розглянутого електроприймача внаслідок його особливих характеристик, може відобразитися на якості електроенергії інших ділянок мережі, до яких приєднані електроприймачі, що мають інші характеристики.

Оскільки електроприймачі, електрообладнання та системи електропостачання проектуються і конструюються виходячи з того, що споживачі повинні мати на затискачах електроприймачів електроенергію певної якості, необхідно нормування якості електроенергії.

ПЯЕ по напрузі має енергетичний сенс, тобто характеризує вплив енергосистеми і споживача - ПрАТ «Дніпроспецсталь» один на одного: ступінь негативного впливу енергії спотворення на електрообладнання та технологічні процеси порівнюється зі значенням ПЯЕ. Гранично допустимі значення ПЯЕ вибираються з техніко-економічних міркувань. Допустимі значення ПЯЕ

вказуються в ГОСТ 13109-97 в залежності від класу напруги, де проводять виміри.

1.2 Законодавчі вимоги до нормування якості електроенергії

Нормування значень показників якості електроенергії (ПЯЕ) відноситься до числа головних питань проблеми ЯЕ. Систему ПЯЕ утворюють кількісні характеристики повільних (відхилення) та швидких (коливання) змін діючого значення напруги, його форми і симетрії в трифазній системі, а також змін частоти. Так як персонал енергетичних служб підприємств не може впливати на рівень частоти мережі (виняток становлять випадки живлення від автономних джерел, не зв'язаних з енергосистемою), далі будуть розглядатися тільки питання, пов'язані з ЯЕ по напрузі на межі балансової належності ПрАТ «Дніпрспецсталь». Принципи нормування ПЯЕ за напругою ґрунтуються на техніко-економічні передумови і полягають у наступному:

При проектуванні або модернізації системи електропостачання важливим є визначення ПЯЕ і правильний вибір методів і засобів нормалізації ПЯЕ, а також місця їх установки з метою зниження втрат потужності електроенергії, підвищення рівня технологічних процесів та дотримання нормованих показників на межі балансової належності з енергосистемою [1].

Відповідно до ГОСТ 13109-97 ПЯЕ є:

- стале відхилення напруги δU_y ;
- розмах зміни напруги δU_t ;
- доза Флікера P_t ;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальної кривої напруги K_u ;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової кривої напруги $K_u(n)$;
- коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності K_{2U} ;
- коефіцієнт несиметрії напруги за нульовою послідовності K_{0U} ;

- відхилення частоти Δf ;
- тривалість провалу напруги U_{mn} ;
- імпульсна напруга U_{imn} ;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{перU}$.

1.3 Вимоги до якості електроенергії на підприємстві

Значення ПЯЕ в нормальному режимі роботи електричної мережі повинні не виходити за значення нормально допустимих відхилень, зазначених у ГОСТ 13109-97 протягом не менше 95% часу кожної доби, і не повинні виходити за гранично допустимі значення [2].

Значення ПЯЕ в післяаварійному режимі роботи електричної мережі повинні не виходити за гранично допустимі значення, вказані в ГОСТ 13109-97. При аварійних порушеннях електропостачання допускається короткочасний вихід значень ПЯЕ за встановлені межі, у тому числі зниження напруги аж до нульового рівня, відхилення частоти до ± 5 Гц, з подальшим їх відновленням до значень ПЯЕ, встановлених для післяаварійного режиму [3]. На входах приймачів електричної енергії, що є джерелами електромагнітних перешкод, допускаються значення ПЯЕ в більш широких діапазонах, ніж встановлені у стандарті, якщо це не призводить до порушення стандарту в інших приймачів електричної енергії, і на межі балансової належності підприємства-споживача.

1.4 Норми якості електроенергії, що досліджуються на підприємстві

Усталене відхилення напруги: Відхилення напруги (δU_y) у відсотках визначаються за формулою [4]:

$$\delta U = \frac{U - U_{ном}}{U_{ном}} 100\% \quad (1.1)$$

Відхилення напруги характеризується показниками сталого відхилення напруги:

- нормально допустимі значення усталеного відхилення напруги δU_y на вводах приймачів електричної енергії становлять $\pm 5\%$ від номінальної напруги;
- гранично допустимі значення усталеного відхилення напруги δU_y на висновках приймачів електричної енергії становлять $\pm 10\%$ від номінальної напруги електричної мережі;
- нормально і гранично допустимі значення усталеного відхилення напруги. Нормально допустиме відхилення напруги $\pm 5\%$, гранично допустиме відхилення напруги $\pm 10\%$.

Якість електричної енергії по сталому відхиленню напруги вважається відповідною вимогам [5], якщо всі виміряні за кожну хвилину протягом 24 годин значення усталеного відхилення напруги не перевищують $\pm 10\%$, а 95% виміряних за той же період часу значень знаходиться в межах $\pm 5\%$.

Коливання напруги: Коливання напруги характеризується:

- розмахом зміни напруги;
- дозою флікера.

Гранично допустимі значення розмаху напруги δU_t при коливаннях напруги залежать від частоти повторення змін напруги або інтервалу між змінами напруги. Методика визначення гранично допустимого розмаху напруги наведена в ГОСТ 13109-97. Гранично допустимі значення для короткочасної дози Флікера P_{st} при коливаннях напруги дорівнює 1,38, а для тривалої дози Флікера P_{lt} при тих же коливаннях напруги дорівнює 1,0. Метод розрахунку короткочасних і тривалих доз Флікера при коливаннях напруги наведено в ГОСТ 13109-97 [6].

Несинусоїдальність напруги: несинусоїдальність напруги характеризується наступними показниками [7]:

- коефіцієнт спотворення синусоїдальної кривої напруги;
- коефіцієнт n-ої гармонійної складової напруги.

Нормально допустимі та гранично допустимі значення коефіцієнта спотворення синусоїдальної кривої напруги відповідно рівні 5% і 8%. Якість електричної енергії за коефіцієнтом n-ої гармонійної складової напруги вважається відповідним вимогам, якщо найбільше з усіх виміряних протягом 24 годин значення коефіцієнта n-ої гармонійної складової напруги не перевищує гранично допустимого значення, а значення n-ої гармонійної складової напруги з імовірністю 95% не перевищує нормально допустиме значення [8].

Якість електричної енергії за коефіцієнтом спотворення синусоїдальності кривої напруги вважається відповідним вимогам, якщо найбільше з усіх виміряних протягом 24 годин значення коефіцієнта спотворення синусоїдальної кривої напруги не перевищує 8%, і з імовірністю 95%, не перевищує значення 5%.

Несиметрія напруги: несиметрія напруги характеризується наступними показниками:

- коефіцієнтом несиметрії напруги по зворотній послідовності;
- коефіцієнтом несиметрії напруги нульової послідовності.

Нормально допустимий і гранично допустиме значення коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності рівні відповідно 2% і 4%. Якість електричної енергії за коефіцієнтом несиметрії напруги по зворотній послідовності вважається відповідною вимогам, якщо найбільше з усіх виміряних протягом 24 годин значень не перевищує 4%, а значення коефіцієнта несиметрії напруги по зворотній послідовності, що відповідає ймовірності 95%, не перевищує 2%.

Відхилення частоти: нормально допустиме значення відхилення частоти - $\pm 0,2$ Гц. Гранично допустиме значення відхилення частоти - $\pm 0,4$ Гц. Якість електричної енергії за відхиленням частоти вважається такою, що

відповідає вимогам, якщо всі виміряні протягом 24 годин значення відхилення частоти не перевищують $\pm 0,4$ Гц, а не менше 95% всіх вимірних значень відхилення частоти не перевищує $\pm 0,2$ Гц.

Провал напруги: гранично допустиме значення тривалості провалу напруги - 30с. При вимірах визначається час різкого спаду напруги на кожному напівперіоді основної частоти до рівня нижче $0,94 U_{ном}$. Якість електричної енергії за тривалістю провалів напруги вважається відповідною вимогам, якщо найбільше з усіх вимірних значень протягом року тривалостей провалів напруги не перевищує гранично допустимого значення. Характеристики провалів напруги в електричних мережах напругою 6 - 10 кВ наведено в ГОСТ 13109-97.

При аварійних порушеннях електропостачання допускається короткочасний вихід значень ПЯЕ за встановлені межі, у тому числі зниження напруги аж до нульового рівня, відхилення частоти до ± 5 Гц, з подальшим їх відновленням до значень ПЯЕ, встановлених для післяаварійного режиму.

Імпульс напруги: імпульс напруги характеризується показником імпульсної напруги. Значення імпульсних напруг для грозових і комутаційних імпульсів, що виникають у мережах електропостачальної організації наведено в ГОСТ 13109-97.

Тимчасове перенапруження: тимчасове перенапруження характеризується показником коефіцієнта тимчасової перенапруги. Амплітудне значення перенапруги визначається на кожному напівперіоді основної частоти при різкому перевищенні рівня напруги рівного $1,1 U_{ном}$. Коефіцієнт тимчасової перенапруги визначається [9]:

$$K_{перU} = \frac{U_{amax}}{\sqrt{2}U_{ном}} \quad (1.2)$$

де U_{amax} - амплітуда напруги в період перенапруги.

1.5 Організаційні заходи щодо вимірювання показників якості на підприємстві

Наявність високих рівнів вищих гармонійних складових у струмі і напрузі приводить до ряду негативних явищ - збільшуються втрати в електричних мережах, в силових трансформаторах, скорочується термін служби ізоляції електричних машин і високовольтних апаратів. Крім того, ускладнюється робота пристроїв релейного захисту, автоматики і телемеханіки.

Наявність вищих гармонік в напрузі супроводжує виникнення і впливає на перебіг іонізаційних процесів в ізоляції трансформаторів, зростає рівень часткових розрядів, утворюються об'ємні заряди. Нейтралізація цих зарядів призводить до впливу на навколишній діелектрик, що сприяє виникненню місцевих дефектів ізоляції, зниження електричної міцності і зростанню діелектричних втрат. Крім того, при впливі вищих гармонійних складових виникає підвищений нагрів ізоляції і незворотні фізико-хімічні процеси, що призводить до її прискореного старіння. Отже, при несинусоїдальному напрузі знижується термін служби електрообладнання системи електропостачання. Як показує досвід експлуатації, в мережах з великою питомою вагою вентиляльних навантажень частіше виникають однофазні замикання на землю в кабелі [12].

При роботі силових трансформаторів в умовах несинусоїдальної напруги і струму зростають втрати на вихрові струми в магнітопроводі і збільшуються втрати в обмотках трансформаторів за рахунок поверхневого ефекту, що веде до зростання втрат активної потужності. Такі ж втрати мають місце в трансформаторах перетворювальних агрегатів. За рахунок цього знижується коефіцієнт корисної дії (коефіцієнт перетворення) випрямних агрегатів.

При несинусоїдних режимах мережі знижується точність обліку енергії. При коефіцієнті несинусоїдальності КНС $\approx 7-10\%$ може мати місце підвищена

похибка. Клас точності датчиків інформації - трансформаторів струму і напруги при таких режимах також не гарантується.

1.6 Вибір пунктів вимірювання та експлуатаційний контроль якості електроенергії

Вимоги до якості електроенергії, встановлені в ГОСТ 13109-97, поширюються на точки електричних мереж, до яких приєднуються приймачі або споживачі електричної енергії. В останньому випадку вимоги до якості електричної енергії встановлюються на межі розділу балансової належності електричних мереж енергопостачальної організації і споживача і фіксуються в договорі на використання електричної енергії [13].

Допускається в обґрунтованих випадках в договорі вказати вимоги до якості електроенергії не на межі розділу, а для інших пунктів мережі, прийнятих за погодженням між енергопостачальною організацією та споживачем. Однак слід зазначити, що не у всіх точках електричної мережі, зазначених вище, допускається проводити контроль ПЯЕ.

Вибір характерних точок в електричній мережі роблять таким чином, щоб за результатами вимірювань у цих точках оцінити якість електроенергії по всій розглянутій електричній мережі [14].

Для проведення контролю показників якості електроенергії на ПрАТ «Дніпроспецсталь» вибрані характерні пункти вимірювання на вводах напругою 10кВ, відповідних кордонів балансової належності ПрАТ «Дніпроспецсталь»: Т11, Т12, Т13, Т14, Т15, Т16, Т17, Т18, Т19, Т110.

Контроль ПЯЕ проводиться з метою перевірки відповідності значень показників по нормам ГОСТ 13109-97. При невідповідності ПЯЕ нормативним вимогам на підставі результатів контролю встановлюються причини

невідповідності і розробляються заходи, спрямовані на нормалізацію параметрів якості електроенергії.

Результати контролю дозволяють також перевірити відповідність проектних розрахунків фактичним даними експлуатації, розрахувати параметри технічних засобів і заходів, призначених для поліпшення ПЯЕ.

Контроль ПЯЕ, як і інших режимних параметрів, здійснюється постійно, періодично або епізодично [15]. Для виробництва вимірювання необхідно використовувати спеціальні прилади, які визначають характеристики ПЯЕ за період вимірювання.

1.7 Засоби вимірювання показників якості електроенергії

Для проведення вимірювань ПЯЕ на ПрАТ «Дніпроспецсталь» використовувався реєстратор показників якості електроенергії «ПАРМА РК 3.01». Реєстратор РК 3.01 призначений для вимірювання і реєстрації ПЯЕ, оцінки відповідності якості вимірюваної електроенергії нормам, встановленим ГОСТ 13109-97 та видачі протоколу відповідності.

У реєстратора ПЯЕ реалізовано визначення перевищень нормально-та граничнодопустимих значень вимірюваних величин за період реєстрації, а також виділяються максимальні і мінімальні значення вимірюваних ПЯЕ [16]. Є можливість похвилинного перегляду зареєстрованих значень вимірюваних величин, визначення поточних значень. Величинами, контрольованими за допомогою реєстратора ПЯЕ під час проведення вимірювань, є:

- діючі значення напруги змінного струму фазних чи лінійних напруг (залежно від підключення приладу) - U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} , наведені до вторинної обмотки трансформатора напруги в діапазоні від 0 до 520В;

- діюче значення напруги основної частоти $U_{(1)}$, наведене до вторинної обмотки трансформатора напруги в діапазоні від 30 до 520 В;

- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_u - в діапазоні від 0 до 30%;
- коефіцієнт n-ой гармонійної складової напруги $K_u(n)$ (де $n = 2 \div 40$) - в діапазоні від 0 до 30%;
- коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності K_{2U} - від 0 до 30%;
- коефіцієнт несиметрії напруги за нульовою послідовності K_{0U} - від 0 до 30%;
- частота напруги f - від 40 до 70 Гц.

Тимчасові інтервали реєстрації можуть бути нерівномірними і при необхідності можна виділити окремий час доби для реєстрації ПЯЕ і при цьому кожному інтервалу можна зіставити свій набір уставок. Набір уставок для кожного ПЯЕ задається або стандартний, або встановлюється розрахунковий.

Після проведення вимірювань на кожному часовому інтервалі і за кожену добу йде статистична обробка отриманих вимірних величин:

- інформація про нештатні ситуації (відключення живлення, аварійні ситуації тощо); середнє, максимальне і мінімальне значення за часовий інтервал або добу вище перелічених величин;
- відносний час виходу вимірних величин за гранично допустимі значення протягом тимчасового інтервалу або діб;
- шістнадцять зареєстрованих провалів напруги або перенапруги за кожену хвилину.

Обробка результатів проведених вимірювань проводиться як безпосередньо реєстратором ПЯЕ, як це описано вище, так і за допомогою персонального комп'ютера за програмою TransData. Програмне забезпечення якого дозволяє зчитувати результати вимірювань з пам'яті реєстраторів, відображати їх у вигляді таблиць, графіків і зберігати у файлах власного формату.

Нормовані метрологічні характеристики реєстратора представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1- Нормовані метрологічні характеристики засобу вимірювання показників якості електроенергії

Величина, що вимірюється, X	Діапазон вимірювання, $X_{\max}-X_{\min}$	Інтервал усереднення, секунд	Межі допустимих похибок реєстратора	
			абсолютної ΔX	відносної δX
1	2	3	4	5
Діюче значення напруги U, B	від $0,7 U_{\text{ном}}$ до $1,3 U_{\text{ном}}$	60	-	$\pm 0,2\%$
Стале відхилення напруги $\delta U, \%$	від -30 до +30	60	$\pm 0,2\%$	
Стале діюче значення напруги основної частоти $U_{(1)}, B$	від $0,7 U_{\text{ном}}$ до $1,3 U_{\text{ном}}$	60	-	$\pm 0,2\%$
Стале відхилення діючого значення напруги основної частоти $\delta U_{(1)}, \%$	від -30 до +30	60	$\pm 0,2\%$	-
Відхилення частоти $\Delta f, \text{Гц}$	від -5 до +5	20	$\pm 0,2\%$	-
Коефіцієнт несиметрії напруги по зворотній послідовності основної частоти $K_{2U}, \%$	від 0 до 30	3	$\pm 0,3\%$	-
Коефіцієнт несиметрії напруги по нульовій послідовності основної частоти $K_{0U}, \%$	від 0 до 30	3	$\pm 0,5\%$	-
Коефіцієнт спотворення кривої напруги $K_U, \%$	від 0 до 30	3	при $K_U < 1\%$	$\pm 0,2\%$

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5
Коефіцієнт n -ої гармонічної складової напруги $K_{U(n)}$ при n від 2 до 40,%	від 0,05 до 30,00	3	при $K_{U(n)} < 1\%$ $\pm 0,05\%$	$\pm 0,2\%$
Коефіцієнт тимчасової перенапруги $K_{перU}$	до 1,3	-	$\pm 2,2/U_{но}$	-
Глибина провалу $\delta U_n, \%$	до 100	-	$\pm 220/U_n$	-
Тривалість провалу $\Delta t, мс$	від 10 до 59960	-	при $\Delta t_n < 20с$ $\pm 10 мс$ при $\Delta t_n \geq 20с$ $\pm 20 мс$	-
Тривалість перенапруги $\Delta t_{пер}, мс$	від 40 до 59960	-	при $\Delta t_{пер} < 20с$ $\pm 10 мс$ при $\Delta t_{пер} \geq 20$ $\pm 20 мс$	-
Астрономічний час	-	-	$\pm 1 с/доб$	-

У реєстратора реалізована можливість вибору номінальної напруги або при трансформаторному включенні - 57,74 В, 100В, або при прямому включенні в мережу 0,4 кВ - 220В, 380В. У концепції «особливі ситуації» реєстратора фіксуються такі значення: коливання напруги, провал напруги, перенапруги, вихід за межі вимірювання [17-20]. Ці величини реєструються окремо і не відображаються в щохвилинні перегляди реєстратора і не включаються в статистику. Реєстратор має послідовний канал, при якому реалізований фізичний інтерфейс RS232, до якого можна підключити будь-який

пристрій і обмін відбуватиметься по логічному протоколу ModBus. При виконанні даної роботи обробка експериментально отриманих даних проводилася на персональному комп'ютері за допомогою програми «TransData». Зареєстровані дані зберігаються в незалежній Flash пам'яті.

Обробка результатів проведених вимірювань проводиться як безпосередньо реєстратором ПЯЕ, як це описано вище, так і за допомогою персонального комп'ютера за програмою TransData. Програмне забезпечення якого дозволяє зчитувати результати вимірювань з пам'яті реєстраторів, відображати їх у вигляді таблиць, графіків і зберігати у файлах власного формату.

Програмне забезпечення дозволяє:

- одночасно прочитувати свідчення з одного реєстратора за різні інтервали часу;
- одночасно працювати з декількома реєстраторами незалежно від способу їх підключення;
- керувати процесом зчитування;
- перегляд ПЯЕ у вигляді графіків, як в процесі зчитування інформації, так і після зчитування;
- відображення на графіках екстремальних точок, перегляд графіків в тривимірному просторі, тривимірне обертання графіків.

Обробка результатів проведених вимірювань проводиться як безпосередньо реєстратором ПЯЕ, як це описано вище, так і за допомогою персонального комп'ютера за програмою TransData. Програмне забезпечення якого дозволяє зчитувати результати вимірювань з пам'яті реєстраторів, відображати їх у вигляді таблиць, графіків і зберігати у файлах власного формату.

Вплив відхилення показників якості електроенергії на роботу АД наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вплив відхилення показників якості електроенергії на роботу АД

Вид ПЯЕ		Норми ПЯЕ		Зміни в роботі АД при	
Відхилення напруги , δU		$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	Момент двигуна знижується на 19%.	
Несиметрія напруг в 3-фазній системі	Коефіцієнт зворотної послідовності, K_{2U}	2%	4%	Виникнення магнітних полів, що обертаються зустрічно обертанню ротора	
	Коефіцієнт нульової послідовності, K_{0U}	2%	4%		
	Коефіцієнт прямої послідовності, K_U	2%	4%	Впливає на стан ізоляції обмоток, призводить до їх пробою на корпус.	
Несинусоїдальність напруги	Коефіцієнт n -ої гармоніки, K_n		№ гармоніки	Знач., %	Перевищення допустимих значень веде до значного зростання напруги зворотної послідовності, зростає споживання з мережі реактивної потужності на 3-7%.
			2	3	
			3	3,75	
			4	1,5	
			5	9	
			6	0,75	
			7	7,5	
			8	0,75	
			9	1,13	
		10	0,75		

1.8 Вплив електромагнітних завад

У системах електропостачання загального призначення знайшли широке застосування електронні та мікроелектронні системи управління, мікропроцесори і ЕОМ, що призвело до зниження рівня завадостійкості систем управління ЕП і різкого зростання кількості їх відмов. Основною причиною відмов є вплив електромагнітних перехідних перешкод, що виникають при електромагнітних перехідних процесах як в мережах енергосистем, так і в міських, і промислових електричних мережах. Тривалість протікання перехідних процесів становить від кількох періодів струму промислової частоти до декількох секунд, а ефективна смуга частот перешкод може досягати десятків мегагерц.

Характеристикою електромагнітних перехідних перешкод є провали і імпульси напруги, короткочасні перенапруги. Для цих ПЯЕ стандарт не встановлює допустимих чисельних значень, проте, розглядає ці перешкоди в рамках проблеми електромагнітної сумісності.

Електромагнітні перехідні перешкоди, що супроводжуються провалами напруги, виникають, в основному, при однофазних коротких замикань повітряних ліній внаслідок перекриття ізоляції. Ці ушкодження або самоліквідуються, або усуваються при короткочасному відключенні з подальшим автоматичним повторним включенням (АПВ). Крім того, причиною виникнення провалів напруги є міжфазні замикання, що виникають в результаті атмосферних явищ, а також відключення живильних ліній і конденсаторів. Кількість провалів напруги з глибиною до 20% досягає в розподільних мережах 55 - 60%. Понад 60% зупинок механізмів припадає на провали напруги з глибиною понад 20%.

Причиною виникнення електромагнітних перехідних перешкод в системах електропостачання загального призначення можуть бути перенапруження, що виникають при однофазних замиканнях на землю, при

комутаціях батарей конденсаторів і резонансних фільтрів, при відключенні ненавантажених кабельних ліній і трансформаторів, при одночасній комутації контактів вимикачів та іншої комутаційної апаратури, при неповнофазних режимах роботи електричної мережі внаслідок різних причин, що призводять до ферорезонансних явищам. Сприйнятливість електронного устаткування і ЕОМ залежить як від АЧХ ЕП, так і від АЧХ електромагнітних завад. Збільшення потужності енергосистем і кількості повітряних ліній, що застосовуються для підвищення надійності електропостачання промислових підприємств,

Як вже зазначалося, при значеннях всіх ПЯЕ по напрузі, відмінних від нормованих, відбувається прискорене старіння ізоляції електрообладнання, в результаті зростає інтенсивність потоків відмов з плином часу. Так, при несинусоїдальності кривої напруги мережі навіть при резонансній налаштування дугогасящих апаратів, через місце замикання на землю проходить струм вищих гармонік, і може статися пропалювання кабелю в місці першого пошкодження. У цьому випадку можливе виникнення, як показує досвід експлуатації, одночасно двох і більше аварій через перенапруг.

При низькому КЕ має місце взаємозалежність відмов елементів, наприклад, коли негативний вплив нелінійних, нессиметричних і ударних навантажень скомпенсовано за допомогою відповідних коригуючих пристроїв при відключенні того чи іншого пристрою. Так, вихід з ладу швидкодіючого статичного компенсатора викликає поява несиметрії, коливань і гармонік напруги, які раніше компенсувалися, що, в свою чергу, може призвести до виникнення помилкових спрацьовувань релейних захистів, аварійним виходом з ладу деяких видів електрообладнання та іншими аналогічними негативними наслідками. Збої в каналах передачі інформації по силовим ланцюгах при наявності гармонік призводять до подачі неправильних команд на управління комутаційної апаратурою. Таким чином, КЕ істотно впливає на надійність електропостачання.

1.9 Контроль якості електроенергії

1.9.1 Основні завдання та види контролю якості електроенергії

Основними завданнями контролю КЕ є:

- перевірка виконання вимог стандарту в частині експлуатаційного контролю ПЯЕ в електричних мережах загального призначення;
- перевірка відповідності дійсних значень ПЯЕ на кордоні розділу мережі по балансовій належності значень, зафіксованих в договорі енергопостачання;
- розробка технічних умов на приєднання споживача в частині КЕ;
- перевірка виконання договірних умов в частині КЕ з визначенням допустимого розрахункового і фактичного вкладів споживача в погіршення КЕ;
- Розробка технічних і організаційних заходів щодо забезпечення КЕ;
- визначення знижок (надбавок) до тарифів на ЕЕ за її якість;
- сертифікація електричної енергії;
- пошук "винуватця" спотворень ПЯЕ.

Залежно від цілей, що вирішуються при постійному контролі й аналізі

КЕ, вимірювання ПЯЕ можуть мати чотири форми:

- діагностичний контроль;
- інспекційний контроль;
- оперативний контроль;
- комерційний облік.

Діагностичний контроль КЕ - основною метою діагностичного контролю на кордоні розділу електричних мереж споживача та енергопостачальної організації є виявлення "винуватця" погіршення КЕ, визначення допустимого вкладу в порушення вимог стандарту по кожному ПЯЕ, включення їх в договір енергопостачання, нормалізація КЕ.

Діагностичний контроль повинен здійснюватися при видачі і перевірці виконання технічних умов на приєднання споживача до електричної мережі, при контролі договірних умов на електропостачання, а також в тих випадках, коли необхідно визначити часткової внесок в погіршення КЕ групи споживачів, приєднаних до спільного центру харчування. Діагностичний контроль повинен бути періодичним і передбачати короточасні (не більше одного тижня) вимірювання ПЯЕ. При діагностичному контролі вимірюють як нормовані, так і ненормовані ПЯЕ, а також струми і їх гармонійні і симетричні складові і відповідні їм потоки потужності.

Якщо результати діагностичного контролю КЕ підтверджують "винність" споживача в порушенні норм КЕ, то основним завданням енергопостачальної організації спільно зі споживачем є розробка і оцінка можливостей і термінів виконання заходів щодо нормалізації КЕ. На період до реалізації цих заходів на кордоні розділу електричних мереж споживача та енергопостачальної організації повинні застосовуватися оперативний контроль і комерційний облік КЕ.

На наступних етапах діагностичних вимірів КЕ контрольними точками повинні бути шини районних підстанцій, до яких підключені кабельні лінії споживачів. Ці точки являють також інтерес для контролю правильності роботи пристроїв РПН трансформаторів, для збору статистики і фіксації провалів напруги і тимчасових перенапруг в електричній мережі. Тим самим контролюється робота вже існуючих засобів забезпечення КЕ: синхронних компенсаторів, батарей статичних конденсаторів і трансформаторів з пристроями РПН, що забезпечують задані діапазони відхилень напруги, а також робота засобів захисту і автоматики в електричній мережі.

Інспекційний контроль КЕ - здійснюється органами сертифікації для отримання інформації про стан сертифікованої електроенергії в електричних мережах енергопостачальної організації, про дотримання умов та правил застосування сертифіката, з метою підтвердження того, що КЕ протягом часу дії сертифіката продовжує відповідати встановленим вимогам.

Оперативний контроль КЕ - необхідний в умовах експлуатації в точках електричної мережі, де є і в найближчій перспективі не можуть бути усунені спотворення напруги. Оперативний контроль необхідний в точках приєднання тягових підстанцій залізничного і міського електрифікованого транспорту, підстанцій підприємств мають ЕП з нелінійними характеристиками. Результати оперативного контролю повинні надходити по каналах зв'язку на диспетчерські пункти електричної мережі енергопостачальної організації і системи електропостачання промислового підприємства.

Комерційний облік КЕ повинен безперервно здійснюватися в точках обліку споживаної електроенергії як засіб економічного впливу на винуватця погіршення КЕ. Для цих цілей повинні застосовуватися прилади, що поєднують в собі функції обліку електроенергії та вимірювання її якості. Наявність в одному приладі функцій обліку електроенергії і контролю ПЯЕ дозволить поєднати оперативний контроль і комерційний облік КЕ.

Прилади комерційного обліку КЕ повинні реєструвати відносно час перевищення нормально і гранично допустимих значень ПЯЕ в точці контролю електроенергії за розрахунковий період, які визначають надбавки до тарифів для винуватців погіршення КЕ. I

1.9.2. Вимоги стандарту до контролю якості електроенергії

Контроль за дотриманням вимог стандарту енергопостачальними організаціями і споживачами електричної енергії повинні здійснювати органи нагляду і акредитовані випробувальні лабораторії по КЕ.

Контроль КЕ в точках загального приєднання споживачів електричної енергії до систем загального призначення проводять енергопостачальні організації (точки контролю вибираються відповідно до нормативних документів). Періодичність вимірювань ПЯЕ:

– для сталого відхилення напруги - не рідше двох разів на рік в залежності від сезонного зміни навантажень в розподільній мережі центру харчування, а при наявності автоматичного зустрічного регулювання напруги в центрі живлення не рідше одного разу на рік;

Споживачі електроенергії, які погіршують КЕ, повинні проводити контроль в точках власних мереж, найближчих до точок загального приєднання зазначених мереж до електричної мережі загального призначення, а також на висновках приймачів електричної енергії, які деформують КЕ.

Контроль КЕ, що відпускається тяговими підстанціями змінного струму в електричні мережі напругою 6-35 кВ, слід проводити:

– для електричних мереж 6-35 кВ, що знаходяться у віданні енергосистем, в точках приєднання цих мереж до тяговим підстанцій;

– для електричних мереж 6-35 кВ, які не перебувають у віданні енергосистем, в точках обраних за погодженням між тяговими підстанціями і споживачами електроенергії, а для знову споруджуваних і реконструйованих (із заміною трансформаторів) тягових підстанцій - в точках приєднання споживачів електричної енергії до цих мереж.

1.9.3. Знижки та надбавки до тарифу за якість електроенергії

Для забезпечення норм стандарту в точках загального приєднання допускається встановлювати в договорах енергопостачання зі споживачами - "винуватцями" погіршення КЕ, більш жорсткі норми (з меншими діапазонами зміни відповідних показників КЕ), ніж встановлені в стандарті, які споживачі зобов'язані підтримувати на кордоні розділу балансової належності електричних мереж.

У разі порушення енергопостачальною організацією вимог, що пред'являються до КЕ, абонент має право доводити розмір збитків і стягувати

його з енергопостачальної організації за правилами ст.547 ЦК України. Очевидно, що порушення можуть бути взаємними і за різними ПЯЕ. Сторона, винна в зниженні КЕ, визначається відповідно до Правил застосування знижок і надбавок до тарифів за якість електроенергії.

Інструкція про порядок розрахунків за електричну та теплову енергію в розділі 4 "Знижки (надбавки) до тарифу за якість електроенергії" встановлює штрафні санкції до винуватця погіршення КЕ.

Механізм штрафних санкцій, встановлених Інструкцією поширюється не на всі ПЯЕ, а на ті, чисельні значення, норми яких є в стандарті:

- усталене відхилення напруги;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги;
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю;
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю;
- відхилення частоти.

Для більшості гістограм відхилень напруги інтегральна ймовірність попадання в діапазон $4\sigma\delta U$ становить 0,95. Це означає, що для задоволення вимог стандарту значення $\sigma\delta U$ за результатами вимірювань не повинна перевищувати 1/4 від ширини допустимого діапазону. Так, якщо допустимий діапазон відхилення напруги $\delta U_y = \pm 5\%$, то необхідно, щоб $\sigma\delta U$ не перевищувало 2,5%.

Стандартом встановлюються способи і методики визначення ПЯЕ і допоміжних параметрів, що реалізують положення математичної статистики і теорії ймовірностей.

Для інтервалів усереднення різних ПЯЕ стандартом встановлюється кількість спостереження (N) і, користуючись методикою, викладеної в стандарті, визначається той чи інший ПЯЕ. Наприклад, обчислюють значення усередненого напруги U_y в вольтах, як результат усереднення N спостережень напруг U_i , за інтервал часу 1 хв за формулою:

$$U_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N U_i^2}{N}}, \quad (1.3)$$

де U_i - значення напруги в 1-му спостереженні, В.

Число спостережень за 1 хв відповідно до стандарту повинно бути не менше 18. Накопичені за мінімальний розрахунковий період значення ПЯЕ обробляються методами математичної статистики і визначаються ймовірності відповідності їх нормам стандарту.

Методики визначення ПЯЕ встановлені стандартом реалізуються в апаратних засобах контролю КЕ. Форма представлення результатів обробки вимірювання також повинна відповідати вимогам стандарту.

1.10 Коротка характеристика об'єкта дослідження

Підприємство було засноване в 1932 році в місті Запоріжжя, як частина потужного державного металургійного комплексу. Сьогодні ПрАТ «Дніпроспецсталь» - ключовий виробник сортової неіржавіючої сталі на ринках СНД, а в Україні – безперечний лідер в даному сегменті.

Першим директором заводу інструментальних сталей (первинна назва заводу), що керував ним аж до початку 60-х років, був Олександр Трегубенко, металург, лауреат Ленінської премії. На його честь названа одна з вулиць Запоріжжя. Заводу було присвоєно ім'я А. Н. Кузьміна - міністра чорної металургії СРСР, одного з перших директорів Запоріжсталі [19].

У 2012 році була запущена газоочистка в електросталеплавильному цеху № 3, після реконструкції був запущений цех з виробництва феромолібдена. Електрометалургійний завод "Дніпроспецсталь" ввів в експлуатацію пилогазоочисного споруди турецької компанії CVS Makina для відбору та фільтрації викидів від дугових печей в сталеплавильному цеху №3 СПЦ-3.

У довідкових матеріалах до пуску газоочистки наголошується, що введене в експлуатацію нове обладнання дозволить "Дніпрспецсталі" здійснювати відбір і фільтрацію викидів від забруднюючих технологічних джерел, оскільки існуючі газоочисні установки СПЦ-3, введені в експлуатацію в 70-х роках минулого століття, вже не відповідають екологічним вимогам до очищення технологічних газів в результаті експлуатації сталеплавильних агрегатів [16].

У рамках програми з виведення Запоріжжя з екологічної кризи "Дніпрспецсталь" планує забезпечити очищення технологічних газів відповідно до нормативів екологічного нагляду за рахунок використання сучасної газоочисної установки з рукавними фільтрами. Частка СПЦ-3 в загальному обсязі виплавленої продукції становить 65%.

На жаль, криза теж не обійшов «Дніпрспецсталь» стороною. Зменшення кількості замовлень після серйозного стрибка 2007 - 2008 років змусило підприємство коригувати свою роботу відповідно до нової ринкової ситуацією. Завод зумів уникнути зупинки, оптимізував виробництво і навіть знайшов інвестиції для проведення модернізації в умовах кризи (установка в травні нової лінії фінішної обробки продукції Loeser в прокатному цеху).

Виробництво сталі на ДСС представлено чотирма сталеплавильними цехами, де встановлені основні електродугові печі відкритого типу ємністю від 55 до 60 т, індукційні печі ємністю 4 і 8 т, печі електрошлакового (ЕШП) і вакуумно-дугового (ВДП) переплавки. Застосовуючи ці технології, ДСС отримує злитки вагою від 0,6 до 7,4 т і листові злитки вагою від 8,9 до 14,7 т.

У цеху порошкової металургії встановлена індукційна піч ємністю 4 тонни. Для виробництва більш ніж 30 марок швидкорізальної та інструментальної сталі, що задовольняє вимогам стандартів ГОСТ, DIN, ASTM, застосовується процес ASEA-STORA (холодне і гаряче ізостатичне пресування при температурі 1100-1150°C і тиску 1000атм)[20].

У сталеплавильному цеху №2 встановлений аргонно-кисневий конвертер для виробництва сталі дуплексним методом: виплавка ведеться у відкритій печі

електродуги, після чого продування в конвертері і обробка на установці піч-ківш, що дозволяє отримати низьковуглецеву корозійностійкої нержавіючу сталь. Цех обладнаний індукційної піччю ємністю 8 т для виробництва жароміцних сталей і спеціальних сплавів.

У сталеплавильному цеху №3 отримують високоякісну сталь шляхом обробки напівпродукту на установці піч-ківш з подальшим вакуумуванням розплаву у вакууматорі фірми Mannesmann Demag. Сталеплавильний цех №5 обладнаний печами ЕШП і ВДП різної ємності, що дозволяють виробляти зливки вагою 0,9-6 т і листові злитки вагою 9,3-20 т.

Технологія ЕШП передбачає переплав із застосуванням хімічно активного шлаку, що забезпечує отримання сталі і спеціальних сплавів, що використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості: авіаційної, оборонної, а також теплової та атомної енергетики.

Передільне виробництво ДСС представлено прокатним цехом, до складу якого входять: сорто-стан заготовки 1050 і сортові стани 550 і 325, калібрувальним цехом, ковальським цехом, ковальсько-пресовим цехом, цехом ад'юстажної обробки металу і термічним цехом. Вся продукція, діаметром більше 20мм, підлягає ультразвуковому контролю відповідно до стандарту EN10308.

У калібрувальному цеху ДСС виробляють круглі холодотягнуті прутки діаметром 2 – 45мм, круглі прутки із спеціальною обробкою поверхні діаметром 1,9 – 50мм і калібровані прутки шестигранного перетину, діаметром вписаного кола 12 – 46мм.

Великогабаритні поковки круглого, квадратного і прямокутного перерізу з різних марок сталі є продукцією ковальсько-пресового цеху. У цеху встановлені гідравлічні преси зусиллям 60МН і 32МН, оснащені 5-ти і 10-ти тонними маніпуляторами. У цеху знаходяться ділянки для термообробки, правки та оздоблення поковок, а також для ультразвукового контролю якості.

Ковальський цех виробляє продукцію з високоміцних інструментальних сталей і сплавів, швидкорізальних і нержавіючих марок сталі, також

спеціалізується на виробництві прутків з важко деформуються легованих марок сталі. У цеху встановлено дві радіально-кувальні машини номінальним зусиллям 10МН і 3,4МН. У термічному цеху і на відповідних ділянках передільних цехів виконуються нормалізація і різні види відпалу металопродукції. Цех ад'юстажної обробки металу проводить механічну обробку поверхні прутків діаметром 20–200 мм, остаточна обробка прутків зі спецобробкою до кола 160 мм виробляється на верстаті RPS 327. У цеху встановлено дві лінії для обточування та спеціальної обробки поверхні. Тут проходять заключну обробку прутки, що надходять з прокатних станів 550, 325 і 280, а також ковальського і ковальсько-пресового цехів [15].

За даними енергоаудита підприємства був складений баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів передільного виробництва, який зведений до таблиці 1.1 за якою була побудована діаграма середньодобового споживання електроенергії, яка відображена на рисунку 1.1.

Таблиця 1.1 – Баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів передільного виробництва

№ з/п	Назва цеху	Споживання електроенергії	
		кВт·год	%
1	Термічний цех	9000	3,19
2	Калібрувальний цех	12570	4,46
3	Ковальсько-пресовий цех	18800	6,67
4	Обдирне відділення ковальського цеху	6400	2,27
5	Ковальський цех	20000	7,1
6	Ділянка підготовки сирого матеріалу	30900	10,97
7	Прокатний цех	150000	53,25
8	Цех ад'юстажної обробки металу	4000	1,42
9	Енергосиловий цех	30000	10,65
Разом		281670	100

На сорто-заготівельному стані 1050 прокатного цеху із злитків вагою 3,6-6,5 т отримують заготовку для подальшої прокатки на сортових станах, а також виробляють прутки діаметром 130–280мм. Сортіві прокатні стани 550 і 325 випускають продукцію діаметром від 8 до 130мм, з поверхнею в стані після прокатки або механічно оброблену.

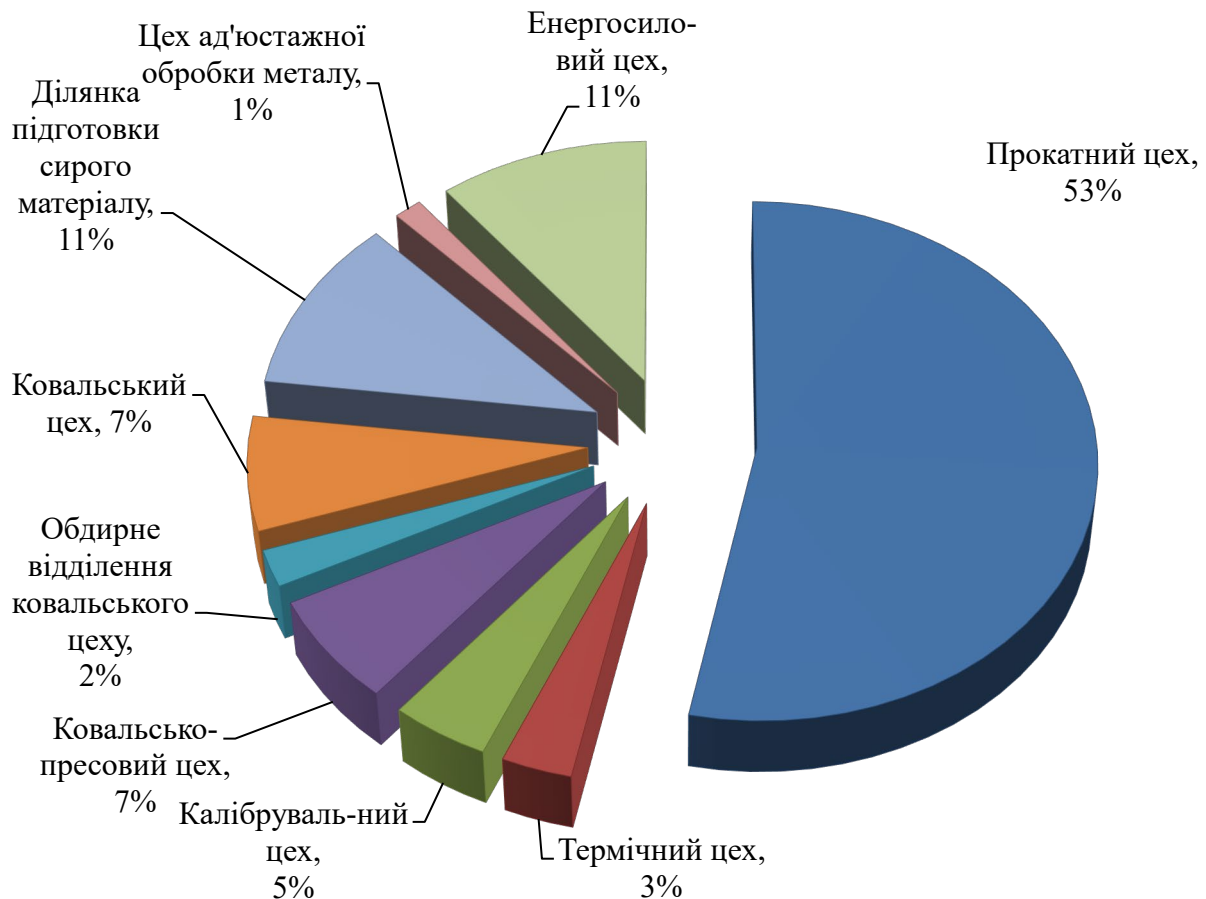


Рисунок 1.1 – Діаграма середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів передільного виробництва

Проаналізувавши діаграму середньодобового споживання електроенергії по КТП цехів передільного виробництва виявлено основного електроспоживача – прокатний цех, баланс середньодобового споживання електроенергії по КТП якого склав 53% від загально цехового споживання на підприємстві.

Згідно з отриманими даними енергоаудита ПрАТ «Дніпроспецсталь» проведено аналіз встановленої потужності споживачів цехів підприємства. Дані аналізу представлені в таблиці 1.2.

Аналіз діаграми показав, що прокатний цех має найбільшу встановлену потужність серед цехів передільного виробництва. Оскільки в прокатному цеху виявлене найбільш енергоємне виробництво доцільно провести його енергетичне обстеження, що дозволить виявити вузьке місце.

Таблиця 1.2 – Встановлена потужність цехів передільного виробництва

Назва цеху	Встановлена потужність P , кВт	
	Напруга U , 0,4 кВ	Напруга U , 6 кВ
Прокатний цех	44042	30500
Ковальський цех	4592	1260
Термічний цех	1628	-
Калібрувальний цех	3256	1500
Ділянка підготовки сирого матеріалу	833	-
Енергосиловий цех	22902	17150
Цех ад'юстажної обробки металу	3200	-
Ковальсько-пресовий цех	1820	7000

До складу прокатного цеха до входять: сорто-заготівельний стан 1050 і сортові стани 550 і 325, цех ад'юстажної обробки металу, обдирка, травлення та фінальна обробка.

На сорто-заготівельному стані 1050 прокатного цеху із злитків вагою 3,6-6,5 т отримують заготовку для подальшої прокатки на сортових станах, а також виробляють прутки діаметром 130–280мм.

Сортові прокатні стани 550 і 325 випускають продукцію діаметром від 8 до 130мм, з поверхнею в стані після прокатки або механічно оброблену.

Обробка поверхні продукції здійснюється на безцентрових обдирних верстатах в ході повністю механізованого процесу. На ділянці обробної лінії прокатного цеху обробка прутків діаметром 120-280 мм всього марочного сортаменту заводу вагою до 2,6 тонн [13].

Цех ад'юстажної обробки металу проводить механічну обробку поверхні прутків діаметром 20–200 мм, остаточна обробка прутків зі спецобробкою до кола 160 мм виробляється на верстаті RPS 327. У цеху встановлено дві лінії для обточування та спеціальної обробки поверхні. Тут проходять заключну обробку прутки [22].

За даними енергетичного аудиту прокатного цеху складена таблиця 1.3 з описом основного обладнання та аналізом його електроспоживання. За даними таблиці побудована діаграма електроспоживання основного обладнання прокатного цеху, яка зображена на рисунку 1.2.

Таблиця 1.3 – Основне обладнання прокатного цеха

№ з/п	Назва	Рік виробництва	Потужність, тис.кВт	Робочий час, год/рік	Споживання електроенергії, тис.кВт год/рік
1	Стан 1050	1961	16,5	3893	64240
2	Стан 550	1960	5,2	1946	10122
3	Стан 325	1963	4,8	1825	8760
4	Ад'юстаж лінії обробки 80-180	1972	2,3	2920	6716
5	Ад'юстаж заготовки	1972	1,08	486	525
6	Ад'юстаж мілкового сортаменту	1970	0,56	1703	953
7	Ад'юстаж великого сортаменту	1970	0,58	2433	1411
8	Обдирка	1974	0,87	559	486
9	Травлення	1974	0,15	97	146
10	Фінальна обробка	2008	0,9	3893	3504

Виробництво сортового прокату енергоємний процес в якому обладнання прокатного цеху витрачає різні види енергії. Для визначення пріоритетного напрямку енергомодернізації процесу прокату металу необхідно дослідити всі енергоресурси, що споживає основне обладнання прокатного цеху. Якісний аналіз надасть можливість вибору одного чи декількох об'єктів подальшого дослідження.

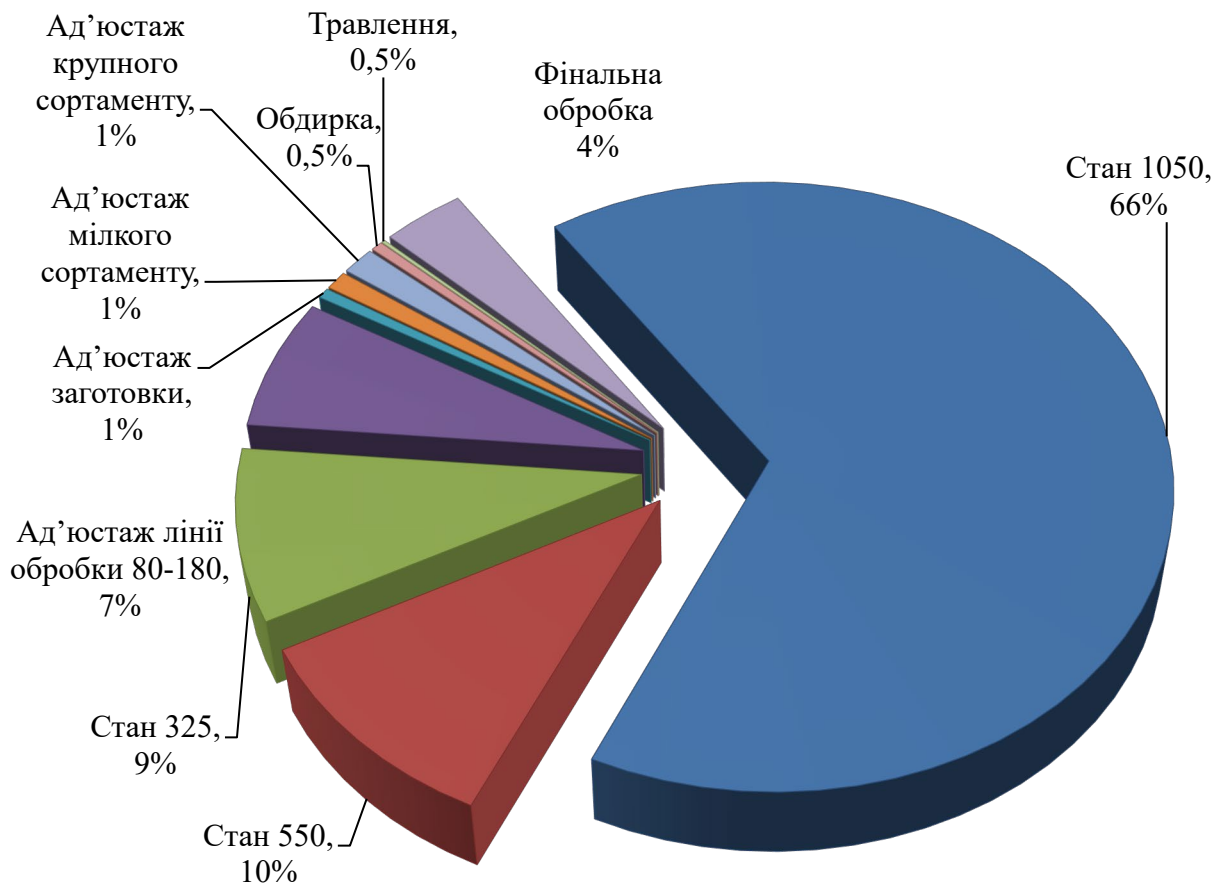


Рисунок 1.2 – Електроспоживання основного обладнання прокатного цеху

За даними енергетичного аудиту складений оперативний звіт витрат палива у прокатному цеху за звітний період січень 2019 року, який відображений в таблиці 1.4.

На рисунку 1.3 відображена діаграма яка відображає витрати палива основного обладнання у прокатному цеху.

Таблиця 1.4 – Витрати палива у прокатному цеху

Споживачі	Споживання палива	
	За планом, т.у.п.	Фактичне, т.у.п.
Стан 1050	1527,4	1959
Стан 550	333,3	344
Стан 325	215,6	133
Лінія обробки	49,5	140

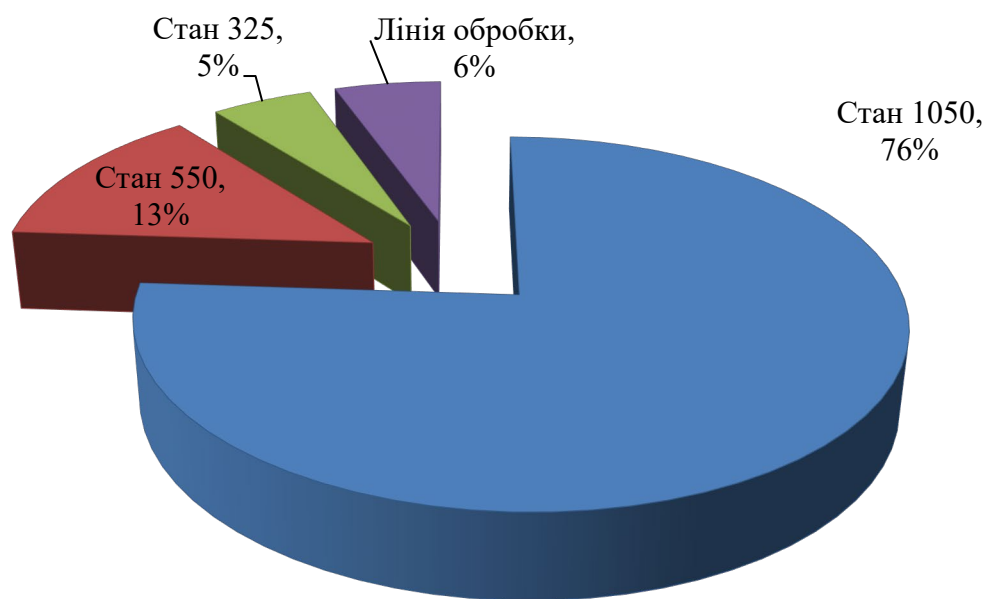


Рисунок 1.3 – Витрати палива основного обладнання прокатного цеху

Стиснене повітря на підприємстві виробляє своя власна компресорна станція. Система подачі стислого повітря до місця споживання загальна для всього прокатного цеху. Вона підтримує тиск стислого повітря 4 амт. кг·с/м².

Проаналізувавши дані енергоаудита прокатного цеху за січень 2019 р складена таблиця 1.5, яка відображає структуру споживання стисненого повітря обладнанням прокатного цеху. На рисунку 1.4 зображена діаграма структури споживання стисненого повітря обладнанням прокатного цеху.

Таблиця 1.5 – Структура споживання стисненого повітря

Споживачі	Споживання за планом			Споживання фактичне		
	Кількість, тис.м ³	Ціна, грн/ тис.м ³	Сума, тис.грн	Кількість, тис.м ³	Ціна, грн/ тис.м ³	Сума, тис.грн
Стан 1050	829,1	173,71	144	820,8	263,34	216,2
Стан 550	116	173,69	20,1	114,8	263,34	30,2
Стан 325	128,2	173,75	22,3	127	263,64	33,4
Лінія обробки	694,3	173,71	120,6	679,3	263,34	178,9
Ад'юстаж заготовки	697,5	173,71	121,2	689,9	263,34	181,7
Ад'юстаж дрібного сорту	132,2	173,72	23	130,3	263,34	34,3
Ад'юстаж великого сорту	563,6	173,7	97,9	554	263,34	145,9

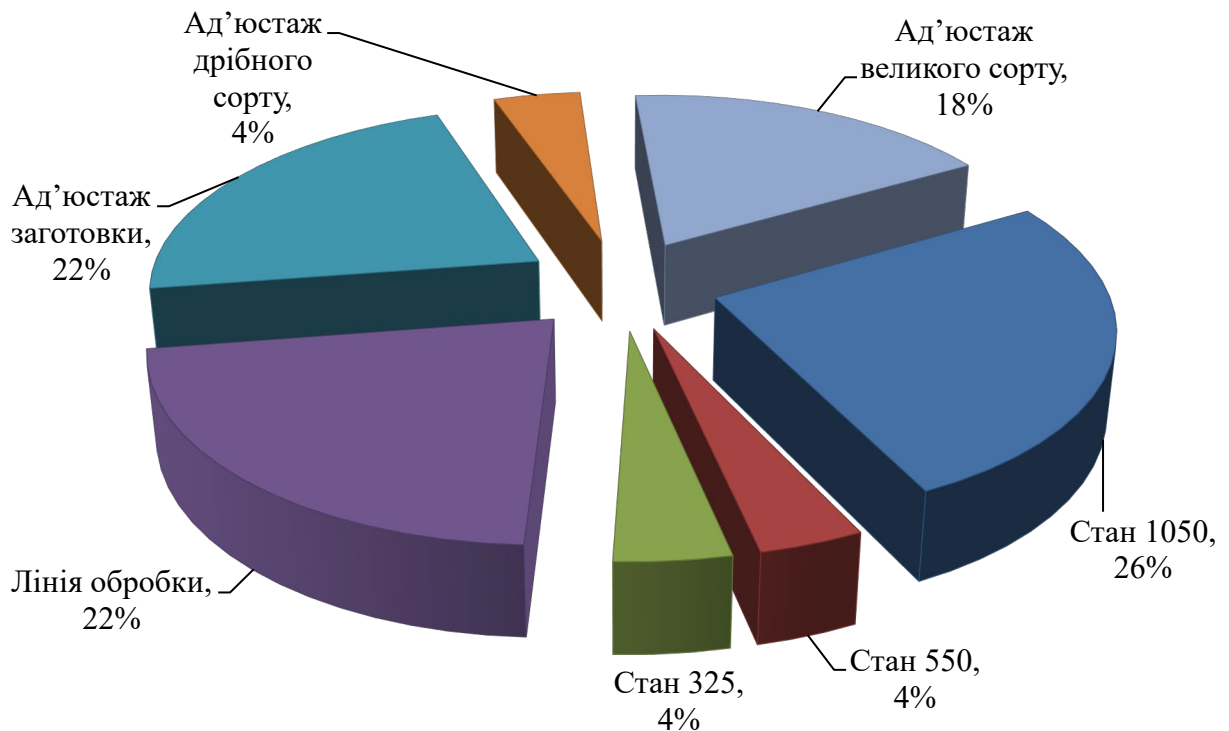


Рисунок 1.4 – Структура споживання стисненого повітря

Ще одним важливим енергоресурсом на підприємстві є пара. Дані енергоаудита прокатного цеху за січень 2019 р представлені у таблиці 1.6, які відображають структуру споживання пари обладнанням прокатного цеха.

Таблиця 1.6 – Структура споживання пари

Споживачі	Споживання за планом			Споживання фактичне		
	Кількість, тис.м ³	Ціна, грн/ тис.м ³	Сума, тис.грн	Кількість, тис.м ³	Ціна, грн/ тис.м ³	Сума, тис.грн
Стан 1050	364	753	274	332	1080	358
Стан 550	92	753	69	84	1080	90,7
Стан 325	92	753	69	84	1080	90,7
Лінія обробки	209	753	157	190	1080	205,2
Ад'юстаж заготовки	137	753	103	125	1080	135
Ад'юстаж дрібного сорту	127	753	95,7	116	1080	125,3
Ад'юстаж великого сорту	166	753	125	151	1080	904

На рисунку 1.5 зображена діаграма структури споживання пари обладнанням прокатного цеха.

Для охолодження частин основного обладнання, що нагріваються під час технологічного процесу, використовують технічну воду. Також її використовують для охолодження гарячих блюмів, які виходять с блюмінга та станів. На підприємстві є своя власна свердловина [26].

Проаналізувавши енергоаудит прокатного цеху дані споживання технічної води обладнанням прокатного цеха представлені у таблиці 1.7, яка відображає структуру. Згідно з таблицею побудована діаграма (рисунок 1.6).

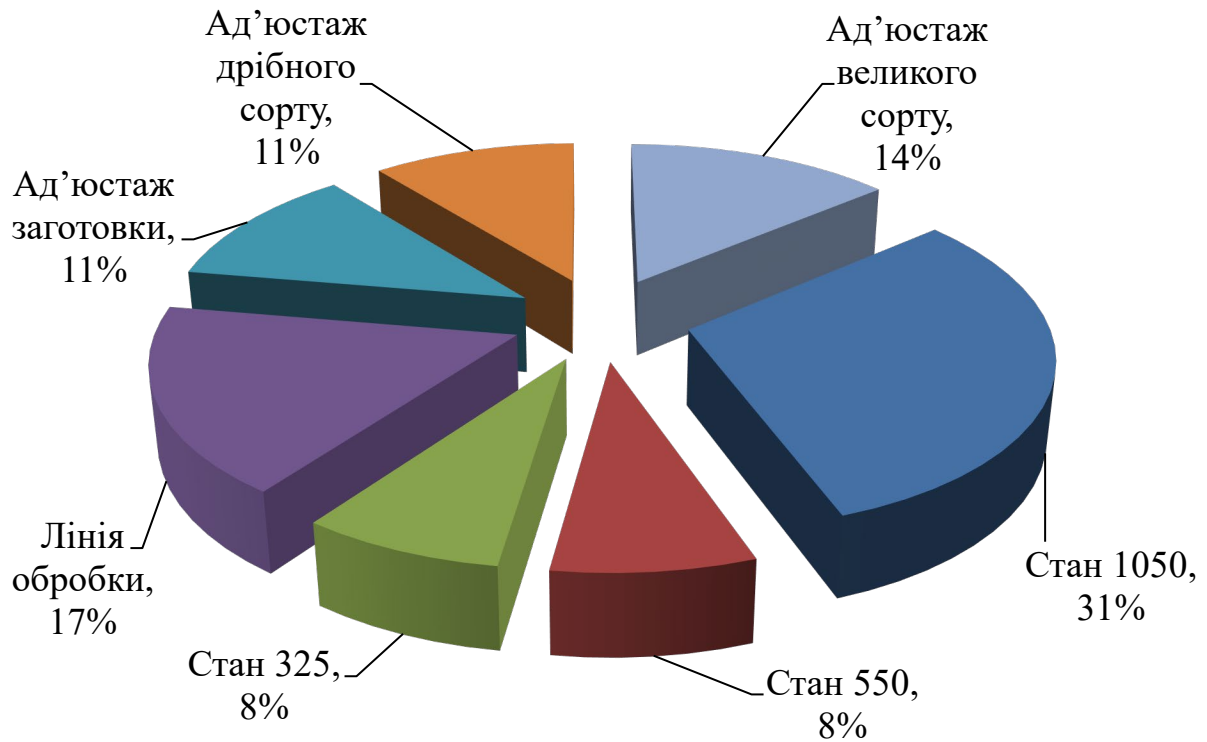


Рисунок 1.5 – Структура споживання пари

Таблиця 1.7 – Структура споживання технічної води

Споживачі	Споживання за планом			Споживання фактичне		
	Кількість, тис.м ³	Ціна, грн/ тис.м ³	Сума, тис.грн	Кількість, тис.м ³	Ціна, грн/ тис.м ³	Сума, тис.грн
Стан 1050	156	650	102	207	650	17509
Стан 550	57	650	38	283	650	184
Стан 325	31	650	20	71,3	650	46,4
Лінія обробки	2	650	1,3	16	650	10,4
Ад'юстаж заготовки	1,8	650	1,2	16	650	10,4
Ад'юстаж дрібного сорту	0,6	650	0,4	3	650	2
Ад'юстаж великого сорту	2,3	650	1,5	5	650	3,3

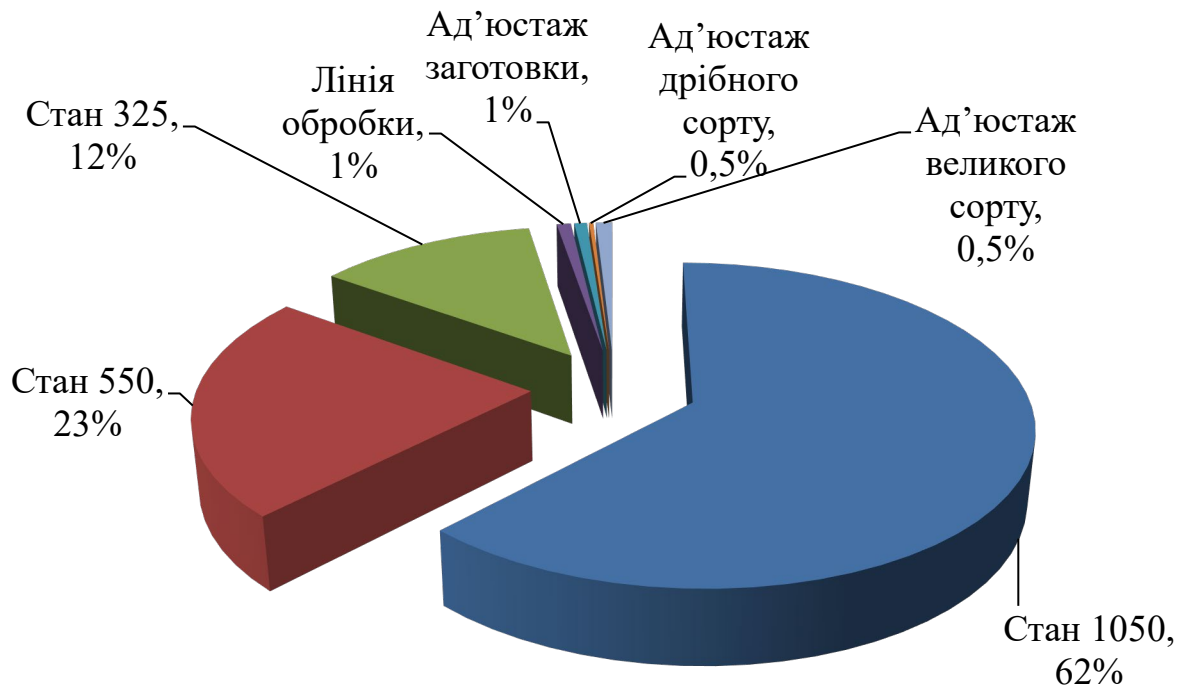


Рисунок 1.6 – Структура споживання технічної води

1.12 Система менеджменту якості підприємства

ПрАТ «Дніпроспецсталь» - унікальне підприємство української металургійної промисловості, що займає лідируюче положення у виробництві та постачанні спеціальних сталей і сплавів, які відповідають сучасним і перспективним вимогам і очікуванням споживачів.

Забезпечуючи зв'язок Політики зі стратегією розвитку ПрАТ «Дніпроспецсталь», система менеджменту якості, впроваджена і діюча на підприємстві, спрямована на постійне підвищення задоволеності споживачів, які є основним джерелом фінансових ресурсів підприємства і забезпечують його стабільний розвиток.

Система менеджменту якості ПрАТ «Дніпроспецсталь» відповідає всім вимогам ISO 9001:2015 і ґрунтується на ризик-орієнтованому мисленні, чіткому

розумінні контексту діяльності підприємства, потреб і очікувань зацікавлених сторін і наступних принципах:

- рівень якості продукції визначає Споживач;
- участь всіх співробітників у формуванні якості продукції;
- управління діяльністю і ресурсами здійснюється на основі ризик-орієнтованого процесного підходу;
- будь-який вид діяльності може і повинен бути вдосконалений;
- рішення приймаються тільки на основі аналізу фактів;
- постійне підвищення майстерності і компетентності персоналу, в тому числі з управління якістю та бережливим виробництвом;
- відносини з постачальниками будуються на взаємовигідній основі.

Підвищення ефективності та результативності процесів і системи менеджменту якості, а також зниження в них втрат і ризиків здійснюється шляхом розробки в кожному підрозділі цілей і програм за якістю, вимірювання та аналізу показників якості процесів і продукції і поліпшення їх на основі сучасних методів менеджменту якості, а також впровадженням методів бережливого виробництва.

Керівництво ПрАТ «Дніпроспецсталь», будучи гарантом виконання вимог міжнародного стандарту ISO 9001:2015, з огляду на існуючі ризики, реалізує політику і цілі в області якості шляхом планування, виконання, аналізу та постійного вдосконалення основних і забезпечуючих процесів, процесів управління та розвитку Системи менеджменту якості. Аналізує ефективність і результативність процесів і, використовуючи принцип безперервності управління, визначає напрями поліпшення Системи менеджменту якості.

Політика в області якості визначає зміст нашої діяльності і доводиться до відома всіх співробітників, споживачів, постачальників, акціонерів ПрАТ «Дніпроспецсталь» і суспільства.

1.12 Аналіз електроспоживання об'єкта дослідження

1.12.1. Характеристика встановлених електроприймачів та електроустановок копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Основними споживачами електричної енергії цеху є технологічне та зварювальне обладнання. Вони живляться від трифазної мережі з частотою 50 Гц напругою 0,38 кВ. Також проектом передбачається загальне робоче та аварійне освітлення напругою 220 В. Структура споживачів, які споживають електроенергію представляється на рисунку 1.1 так: електроприводи - 54%, вентиляція - 12%, електротермія та електротехнології - 4%, освітлення та інші споживачі - 22%.

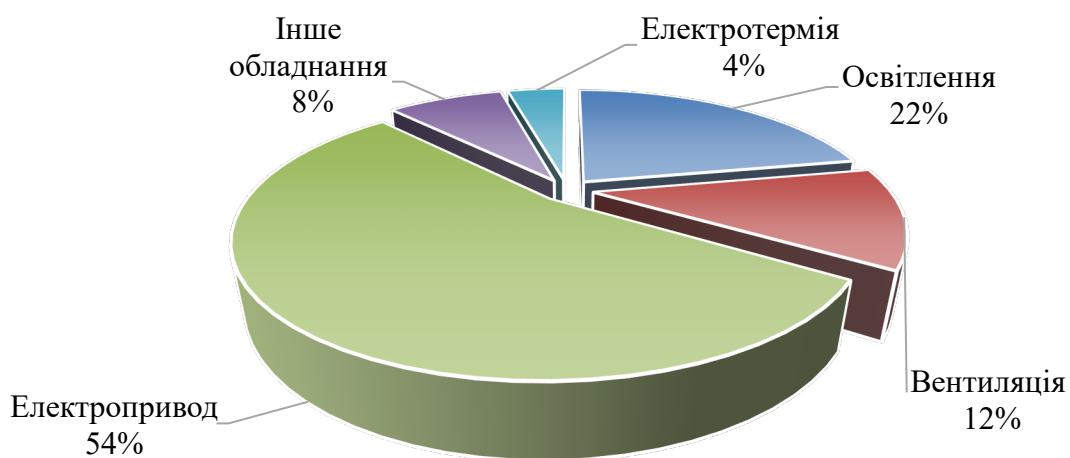


Рисунок 1.1 – Діаграма співвідношення електроенергоспоживання обладнання ПрАТ «Дніпроспецсталь»

Основні електроприймачі підприємства:

– технологічне обладнання (всього близько 180 шт.: станки, преси, електричні пічі, компресори стисненого повітря – 4 шт.);

– зварювальне обладнання (близько 100 од., в т.ч. зварювальні випрямлячі типу ВС-600 – 9 шт., ВДУ-506У – 14шт., КИУ-501 – 8шт., ВДУЧ-350 – 3шт., ВДМ-1001 – 6шт., «КЕМРІ» - 1шт., ВДУ-1201 – 2шт., ВКСМ-1000 – 1шт.,

ВДУ-504 – 4шт., ВДУ-1202 – 2шт., обладнання для зварювання MIG/MAG ВАРИО СТАР 457/2 – 2шт., обладнання дугового зварювання УДГУ-251 AC/DC – 1шт., УДГУ-301, газоплазморізальна машина ППлКП - 2шт);

– кран-балки;

– освітлення (освітлення у виробничих цехах – світильники з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-1000 та ДРЛ-700 – 70 шт., освітлення цехів – з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-400 (30 шт.) і ДРЛ-250 (10 шт.), освітлення периметру – з люмінесцентними лампами типу ДРЛ-250 (30 шт.) і ДРЛ-125 (30 шт.); освітлення в адміністративних і побутових приміщеннях виконано світильниками з люмінесцентними лампами типу ЛБ-36 (50 шт.); освітлення в туалетах, КНС, побутових приміщеннях – з лампами розжарювання (50) шт.);

Процентне співвідношення витрат електричної енергії на живлення споживачів ПрАТ «Дніпроспецсталь» наведено в таблиці 1.4. Аналізуючи діаграму фактичного розподілу електричної енергії (лист 2 графічної частини), стає очевидним те, що найсуттєвішими споживачам електричної енергії в цеху є система освітлення та електропривод. Порівнюючи діаграму фактичного розподілу споживання електричної енергії з діаграмою типового розподілу, можна зробити висновок, що саме система освітлення виступають найбільш енергоємними категоріями споживачів у даному секторі економічної діяльності. В таблиці 1.4 наведено річне споживання енергетичних ресурсів цехом з ремонту обладнання та структуру витрат на них.

Таблиця 1.4 – Річне споживання і витрати на енергоресурси

Енергоносій	Одиниці вимірювання	Споживання, нат. од.	Витрати за 2019 рік, грн	%
Електрична енергія	тис. кВт·год	2030,8	3411,7	81,6
Водопостачання	м ³	8261,2	69,1	1,7
Природний газ	тис. м ³	78,1	702,7	16,8
Всього		—	4183,4	100

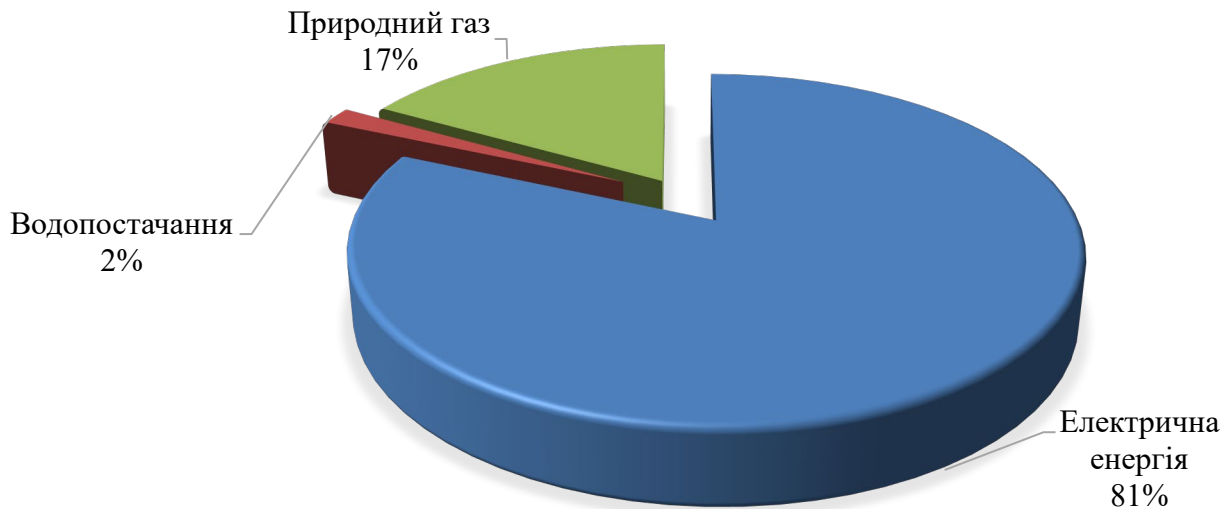


Рисунок 1.1 – Структура витрат на енергетичні ресурси

Як видно із рисунка 1.2, грошові витрати на електроенергію, спожиту цехом з ремонту обладнання, значно перевищують витрати на інші енергетичні ресурси.

З таблиці 1.4 видно, що великий відсоток споживання електроенергії припадає на електродвигуни, більшу частину яких складають асинхронні двигуни.

1.12.2. Динаміка споживання електроенергії

Ця електроенергія на пром підприємствах широко застосовується для приводів різних механізмів, для освітлення, для різних електротехнологічних установок, в які входять: електротермічні, електрозварювальні, установки електролізу та ін.

Дані про місячне споживання електроенергії основними споживачами та тарифи на електроенергію 2018 р. [2] представлені в таблиці 1.6 і динаміка місячного споживання електроенергії на рисунку 1.2.

Динаміка споживання електроенергії у 2016-2018 р. наведена у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Річне споживання електроенергії в 2018 р.

Місяць 2018 р.	Споживання електроенергії, млн. кВт·год	Витрати, млн. грн.
Січень	6,52	6,09
Лютий	6,38	6,10
Березень	6,12	6,93
Квітень	5,98	6,84
Травень	6,72	6,49
Червень	6,14	6,18
Липень	6,05	4,13
Серпень	6,76	4,64
Вересень	6,85	4,70
Жовтень	6,97	4,78
Листопад	6,51	4,47
Грудень	7,2	4,94
Усього	78,2	52,29

млн.кВт·год

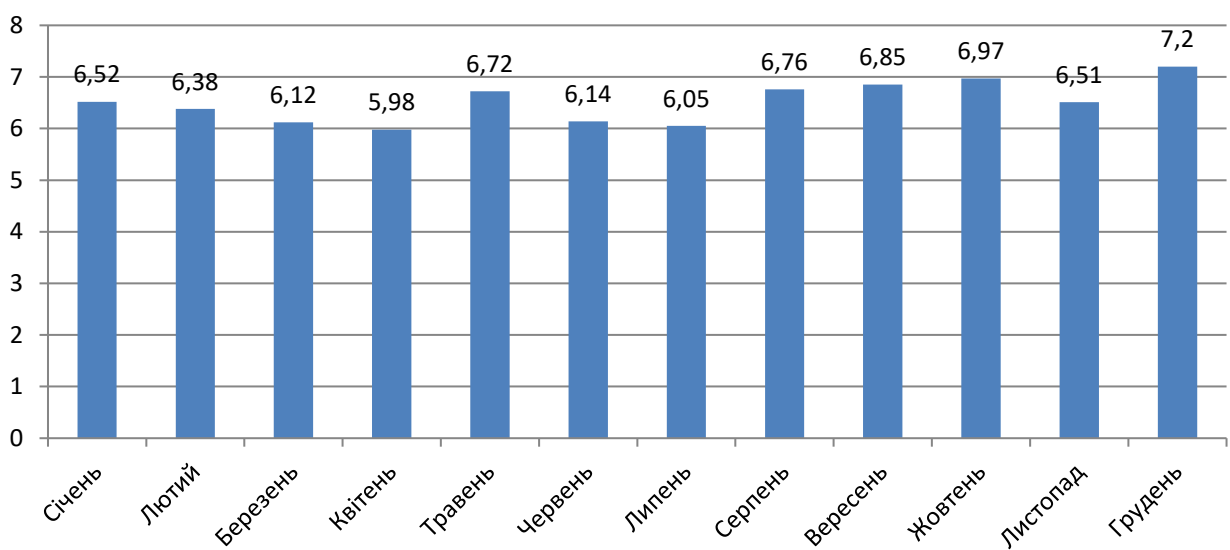


Рисунок 1.2 - Динаміка помісячного споживання електроенергії в 2019 р.

Таблиця 1.6 - Динаміка споживання електроенергії в 2017-2019 р.

Роки	2017	2018	2019
Споживання електроенергії, млн. кВт·год	7,36	7,52	8,11
Витрати, млн. грн.	7,65	7,83	8,43

З вищенаведених даних видно, що протягом останніх 3 років споживання електроенергії підприємством стабільно збільшується. Це пов'язано з ростом випуску товарної продукції і розширенням її асортименту. Приріст обсягу електроспоживання в 2019 р. у порівнянні з 2017 р. склав 10%.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОПРОВОГО ЦЕХУ ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

2.1 Постановка задач дослідження

Наявність високих рівнів вищих гармонійних складових у струмі і напрузі приводить до ряду негативних явищ - збільшуються втрати в електричних мережах, в силових трансформаторах, скорочується термін служби ізоляції електричних машин і високовольтних апаратів. Крім того, ускладнюється робота пристроїв релейного захисту, автоматики і телемеханіки.

Наявність вищих гармонік в напрузі супроводжує виникнення і впливає на перебіг іонізаційних процесів в ізоляції трансформаторів, зростає рівень часткових розрядів, утворюються об'ємні заряди. Нейтралізація цих зарядів призводить до впливу на навколишній діелектрик, що сприяє виникненню місцевих дефектів ізоляції, зниження електричної міцності і зростанню діелектричних втрат. Крім того, при впливі вищих гармонійних складових виникає підвищений нагрів ізоляції і незворотні фізико-хімічні процеси, що призводить до її прискореного старіння. Отже, при несинусоїдальному напрузі знижується термін служби електрообладнання системи електропостачання. Як показує досвід експлуатації, в мережах з великою питомою вагою вентиляльних навантажень частіше виникають однофазні замикання на землю в кабелі.

При роботі силових трансформаторів в умовах несинусоїдальної напруги і струму зростають втрати на вихрові струми в магнітопроводі і збільшуються втрати в обмотках трансформаторів за рахунок поверхневого ефекту, що веде до зростання втрат активної потужності. Такі ж втрати мають місце в трансформаторах перетворювальних агрегатів. За рахунок цього знижується коефіцієнт корисної дії (коефіцієнт перетворення) випрямних агрегатів. При несинусоїдних режимах мережі знижується точність обліку

енергії. При коефіцієнті несинусоїдальності КНС $\approx 7-10\%$ може мати місце підвищена похибка. Клас точності датчиків інформації - трансформаторів струму і напруги при таких режимах також не гарантується. Метою даної роботи є розрахунок втрат потужності в системі внутрішньозаводського електропостачання сталеплавильного цеху, експериментальне дослідження втрат потужності і ККД системи електропостачання обладнання від межі балансової належності ПрАТ «Дніпроспецсталь» до введення в корпуси цеху.

Нормовані значення для 27-ї, 33-ї і 39-ї гармонік такі ж, як і для 21-ї гармоніки. Як показали дослідження, їх рівень практично такий же, як і 21-ї гармоніки, а ймовірність виходу за нормально припустимі значення наближається до 100% і в багатьох випадках велика ймовірність виходу за гранично допустимі значення. Аналіз проведених досліджень впливу фільтрокомпенсуючих пристроїв Ф-3 і Ф-5 на 15-у, 21-у, 27-у, 33-ю і 39-у гармонійні складові показав, що ефективність їх недостатня для нормалізації рівня цих гармонік. Крім того, при проведенні досліджень відзначено, що ефективність фільтрів Ф-3 і Ф-5 як пристроїв для компенсації реактивної потужності дуже невисока. Середнє значення споживаної потужності без фільтрів склало 23600 кВар, з фільтром Ф-3 22267 кВар, з фільтрами Ф-3 і Ф-5 21200 кВар.

Отже, необхідне проведення вимірювань та визначення показників якості електроенергії системи електропостачання копрового цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь»; дослідження ефективності роботи фільтрокомпенсуючих пристроїв для компенсації реактивної потужності і підвищення якості електроенергії; розробка рекомендацій щодо нормалізації якості електроенергії; розрахунок втрат потужності і електричної енергії в системі внутрішньозаводського електропостачання; дослідження впливу на ККД системи електропостачання запропонованих заходів.

2.2 Систематизація основних факторів, що впливають на ефективність роботи асинхронного двигуна при живленні неякісною електроенергією

Електромеханічне обладнання, що використовується в електроприводах, призначене для роботи в умовах симетрії і синусоїдальності напруги живлення, відсутності його коливань і сталості частоти. При відхиленні вказаних показників якості електроенергії від нормованих стандартом значень, нормальна робота електрообладнання або взагалі не можлива, або може бути забезпечена тільки при значному зниженні навантаження.

Раніше проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що робота електромеханічних перетворювачів в умовах неякісної електроенергії призводить до зниження працездатності і надійності АД.

Зараз на багатьох підприємствах виникла ситуація, коли в умовах існуючих цін і тарифів економічно доцільніше не приводити споживану електроенергію до вимог ДСТУ. Викликані неякісною електроенергією втрати, за попередньою оцінкою, істотно менше необхідних витрат на приведення її до необхідної якості. І може виявитися, що буде вигідніше частіше міняти електродвигуни, ніж встановлювати необхідні блоки силової електроніки. На підставі проведеного аналізу, були систематизовані фактори, що впливають на ефективність роботи АД при живленні неякісною електроенергією (рисунок 2.1). В електричних мережах однофазного струму діюче значення напруги визначається як значення напруги основної частоти $U_{(1)}$ без обліку вищих гармонійних складових напруги, а в електричних мережах трифазного струму - як діюче значення напруги прямої послідовності основної частоти $U_{1(1)}$.

Найбільш значущі фактори зниження надійності, а, отже, і терміну служби АД – не симетрія і не синусоїдальність напруги живлення. Надійність АД в значній мірі визначається станом їх обмоток, яке в свою чергу, обумовлюється старінням ізоляції.

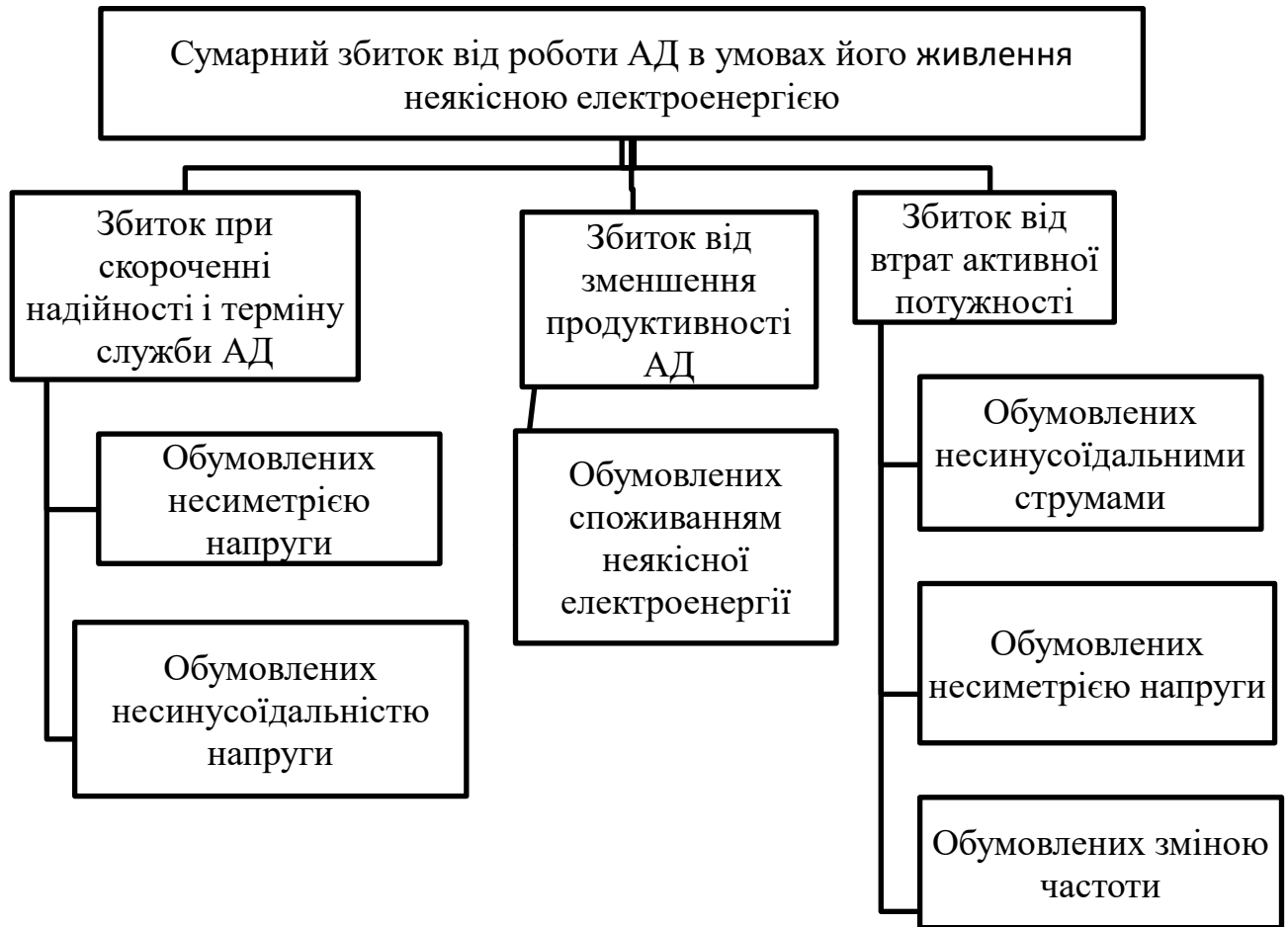


Рисунок 2.1 - Структура і фактори, що впливають на економічний збиток, викликаний роботою АД в умовах його живлення неякісною електроенергією

Розглядаються наступні фактори, що призводять до економічних збитків: скорочення терміну служби і надійності АД, втрати активної потужності, зміна продуктивності АД (технологічний збиток).

2.3 Складання розрахункового алгоритму сумарних втрат

Збиток від втрат активної потужності може бути обумовлений: не симетрією напруги; несинусоїдальними струмами; зміною частоти живлячої. Розглянемо кожен з цих показників більш детально.

В умовах не симетрії струмів і напруг в елементах систем електропостачання виникають додаткові втрати потужності та електроенергії, зумовлені системою струмів в напруг зворотної і нульової послідовностей. У будь-якому елементі трифазної мережі без нульового проводу додаткові втрати розраховують за виразом:

$$\Delta E_{\text{НСМ}} = \sum_i T_i \Delta P_{2i}, \quad (2.1)$$

де ΔP_{2i} - втрати активної потужності в елементі системи електропостачання, обумовлені струмами зворотної послідовності;

T_i - час роботи і-го виду обладнання за обліковий період.

Розрахунок ведеться в функції коефіцієнта не симетрії напруги $K_{\text{ном}U}$, в вузлі підключення навантаження. Додаткові втрати активної потужності при живлення АД несиметричним напругою можна визначити за такою формулою:

$$\Delta P_{\text{ном}} = 2,41 \cdot \Delta P_{\text{м,ном}} \cdot I_n \cdot K_{\text{НСМ},U}^2, \quad (2.2)$$

де $\Delta P_{\text{м,ном}}$ - втрати в міді статора при номінальному струмі основної частоти;

I_n - стислість пускового струму при номінальній напрузі основної частоти.

Застосування формули для розрахунку результуючих додаткових втрат активної потужності в системах електропостачання з великою кількістю АД пов'язані з труднощами. У зв'язку з цим отримано понад простий вислів для таких розрахунків:

$$\Delta P_{\text{ном}} = 2,41 \cdot k_{\text{АД}} \cdot P_{\text{ном}} \cdot K_{\text{НСМ},U}^2, \quad (2.3)$$

Значення коефіцієнта $k_{\text{АД}}$ для двигунів з номінальною потужністю до 5 кВт знаходяться в діапазоні 3 - 4,5, для двигунів потужністю 5-100 кВт - в діапазоні 1-3, а для двигунів потужністю понад 100 кВт - в діапазоні 0,4-1.

Перші значення відносяться до біліше потужним двигунам. значення коефіцієнта k_{AD} для АД потужності $P_{ном}$ можна визначити за такою формулою:

$$k_{AD} = k_{AD}^H + \frac{(k_{AD}^B - k_{AD}^H)(P_{ном}^B - P_{ном})}{P_{ном}^B + P_{ном}^H}, \quad (2.4)$$

де k_{AD}^H и k_{AD}^B - відповідно нижня і верхня межі діапазону k_{AD} ;

$P_{ном}^H$ и $P_{ном}^B$ відповідно нижня і верхня межі діапазону номінальних потужностей АД.

Наведені нижче вирази дозволяють розрахувати км для АД різної потужності:

$$k_{AD} = 3 + 0,3(5 - P); P < 5 \text{ кВт}; \quad (2.5)$$

$$k_{AD} = 1,0 + 0,021(100 - P); P = 5 \div 100 \text{ кВт}; \quad (2.6)$$

$$k_{AD} = 0,4 + 0,0067(1000 - P); P < 1000 \text{ кВт}. \quad (2.7)$$

При великій кількості АД (кілька сотень) з різною номінальною потужністю k_{AD} рекомендується визначати в наступному порядку:

- а) шкалу номінальних потужностей АД ділять на кілька діапазонів;
- б) для кожного діапазону визначають сумарну номінальну потужність АД;
- в) для кожного діапазону визначають середнє значення коефіцієнта k_{AD} ;
- г) визначають значення коефіцієнта k_m для сумарній номінальній потужності всіх АД:

$$k_{AD\Sigma} = k_{AD1} \frac{P_{ном,1}}{P_{ном,\Sigma}} + k_{AD2} \frac{P_{ном,2}}{P_{ном,\Sigma}} + \dots + k_{ADn} \frac{P_{ном,n}}{P_{ном,\Sigma}}, \quad (2.8)$$

де n - число діапазонів, на які розбита шкала номінальних потужностей АД.

В системі електропостачання, що містить нелінійні елементи, виникають Несинусоїдальні струми і напруги. Наявність вищих гармонік веде до появи додаткових втрат активної потужності від несинусоїдальних струмів P_{nc} і електроенергії ΔE_{nc} в елементах систем електропостачання, а також викликає ряд небажаних явищ в мережі живлення.

Додаткові втрати активної потужності в обмотках асинхронного двигуна, обумовлені струмами вищих гармонік, визначають за формулою:

$$P_{nc} = 3 \sum_{n=3}^N I_n^2 (R_{1n} + R_{2n}), \quad (2.9)$$

де R_{1n}, R_{2n} - активний опір статора і наведене активний опір ротора на частоті n -й гармоніці.

З урахуванням прояви поверхневого ефекту:

$$R_{1n} = R_1 \sqrt{n}, \quad (2.10)$$

$$R_{2n} = R_{2n} \sqrt{n \pm 1}. \quad (2.11)$$

Для струмів n -й гармоніки, що утворюють систему прямої послідовності, в (2.11) буде знак плюс, для зворотній послідовності - знак мінус. При використанні усереднених параметрів машин додаткові втрати активної потужності в обмотках статора і ротора від струмів вищих гармонік вважають приблизно.

Наявність додаткових втрат активної потужності від несинусоїдальних струмів в асинхронних двигунах веде до зниження коефіцієнта потужності, ККД і їх розташовується потужності.

Основна частина додаткових втрат активної потужності від вищих гармонік в асинхронних машинах доводиться на частку демпферного обмотки і

обмотки статора. В асинхронних двигунах напругою вище 1 кВ додаткові втрати активної потужності від вищих гармонік в обмотках статора і ротора порівнянні за значенням. У розрахунках додатковими втратами в сталі статора і ротора від магнітних полів, можна знехтувати. Ці поля незначні внаслідок наявності демпфуючих контурів в роторі. Додаткові втрати активної потужності в сталі враховують тільки при точних розрахунках.

Втрати активної потужності в АД від зміни частоти мережі визначають за виразом:

$$\Delta P_{f,AD} = \Delta P_{f,ст} + \Delta P_{f,м}, \quad (2.12)$$

де $\Delta P_{f,ст}$ - зміна втрат в сталі АД при зміні частоти;

$\Delta P_{f,м}$ - зміна втрат в металі (міді) обмоток АД при зміні частоти.

Зміна питомих втрат в сталі АД визначають з виразу:

$$\Delta P_{f,ст} = \frac{\Delta P_{ст,ном}(0,61+0,39k_f)}{k_f}, \quad (2.13)$$

де $\Delta P_{ст,ном}$ - питомі втрати в сталі АД при $f=f_{ном}$. Їх розраховують за формулою:

$$\Delta P_{ст,ном} = \left[\delta_{\Gamma} \frac{f}{100} + \delta_{в,т} \left(\frac{f}{100} \right)^2 \right] \cdot \left(\frac{B}{1000} \right)^2, \quad (2.14)$$

де B - магнітна індукція в осерді АД, Тл;

δ_{Γ} і $\delta_{в,т}$ – питомі втрати в сталі на гістерезис і вихрові струми.

При номінальній частоті $f=50$ Гц для сталі товщиною 0,5 мм $\delta_{\Gamma}=4,4$ Вт/кг і $\delta_{в,т}=5,6$ Вт/кг; $k_f=f/f$ - коефіцієнт відносної частоти.

Втрати в обмотках статора і ротора АД, якщо знехтувати намагнічує струмом, при моменті M_c і зміною частоти рівні:

$$\Delta P_{f,m} \cong \Delta P_{m,ном} M_c k_f^2, \quad (2.15)$$

де $\Delta P_{m,ном}$ - втрати в обмотках статора і ротора АД при $f=f_{ном}$;

M_c - момент опору механізму. Для механізмів з постійним моментом на валу він дорівнює елетромагнітному моменту АД.

Технічна необхідність застосування симетруючого пристрою визначається, виходячи з норм на якість електроенергії відповідно до ДСТУ 13109-97.

Згідно з нормами напруга зворотній послідовності не повинно перевищувати 2% від номінального. Формули для оцінки можливості підключення однофазних навантажень наведені в таблиці 3.2.

Симетруючі пристрої можуть бути керованими або некерованими. Вибір типу пристрою визначається характером технологічного процесу установки.

Необхідна потужність елементів симетруючого пристрою розраховується на певну потужність однофазного навантаження, як правило, на максимальну. Тому при незмінних параметрах симетрувальних елементів симетрування забезпечується тільки при одному значенні потужності навантаження.

Якщо під час технологічного процесу потужність, споживана ЕТУ, зміниться, то виникне несиметрія струмів, а отже, і несиметрія напруг, тим більша, чим більше глибина зміни активної потужності навантаження X дорівнює відношенню максимальної та мінімальної потужності (повної або активної) в процесі нагрівання або плавки:

$$\lambda = \frac{P_{0 \text{ макс}}}{P_{0 \text{ мин}}} = \frac{S_{0 \text{ макс}}}{S_{0 \text{ мин}}} (\cos_u = const). \quad (2.16)$$

Необхідність в симетрувальних пристроях визначається за формулами таблиці 2.1. Однак зазначених критеріїв недостатньо для вирішення питання

про застосування симетрувальних пристроїв. У ряді випадків може виявитися економічно доцільним симетрування однофазного навантаження для зменшення несиметрії напруг нижче нормативного значення.

Таблиця 2.1 - Коефіцієнт несиметрії напруг і умови можливості підключення однофазних навантажень

Характер навантаження	Коефіцієнт несиметрії напруг, α_u	
Однофазна потужність, S_0	$\frac{S_0}{S_{кз}+2,67S_3}$	$\frac{v_0 \cdot u_k}{1+2,67v_3 u_k}$
Дві однофазні (або одна двухфазна) потужності, S_1 і S_2	$\frac{\sqrt{S_{01}^2 - S_{01}S_{02} + S_{02}^2}}{S_{кз}+2,67S_3}$	$\frac{\sqrt{v_{01}^2 - v_{01}v_{02} + v_{02}^2}}{1+2,67v_3 u_k}$

Для однофазної печі ІЧТ-40 визначаємо коефіцієнт несиметрії:

$$K_{нсм, U} = \frac{S_{0 \max} \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right)}{S_{кз} + 2,67S_3} \cdot 100\%, \quad (2.17)$$

де $S_{ном}$ - максимальна споживана потужність в процесі плавки;
 $S_{ном} = 9150$ кВА;

$\lambda = S_{\max}/S_{\min} = 2,4$ - діапазон зміни потужності в процесі плавки;
 $S_3 = 12050$ кВА - потужність 3-фазного навантаження; $S_{кз} = 114440$ кВА -
 потужність к.з. в точці підключення ІЧТ-40 до мережі (шини РП-6 кВ).

$$K_{нсм, U} = \frac{9150 \left(1 - \frac{1}{2,4}\right)}{114440 + 2,67 \cdot 12050} \cdot 100 = 3,64\% > K_{нсм, U \text{ доп}} = 2\%. \quad (2.18)$$

2.4 Експериментальні дослідження впливу показників якості електричної енергії на роботу АД

Для комплексної оцінки впливу несиметрії та несинусоїдальності напруг на технічні характеристики АД була створена математична модель та експериментально-дослідна установка (рисунок 2.2).

Технічні характеристики обладнання:

Асинхронний двигун 4АХ80А4У3; $P_{\text{ном}}=1,1$ кВт; $U_{\text{ном}}=380$ В; $I_{\text{ном}}=2,8$ А; $\cos\varphi_{\text{ном}}=0,81$; $n_{\text{ном}}=1400$ об/хв.; $\eta_{\text{ном}}=0,75$.

Генератор ПЗ1; $P_{\text{ном}}=1$ кВт; $U_{\text{ном}}=230$ В; $I_{\text{ном}}=4,35$ А; $n_{\text{ном}}=1450$ об/хв.; $\eta_{\text{ном}}=0,75$.

Навантаженням на АД М1 є генератор постійного струму паралельного збудження М2. Несиметрія напруг робиться за допомогою трьох лабораторних автотрансформаторів (ЛАТР) Т1...Т3. Несинусоїдальність – оптосимисторами VS1...VS3, які регулюються резистором $R_{\text{нес}}$. Інформація уводиться до комп'ютера за допомогою вимірювальних трансформаторів напруги TV1...TV3, струму ТА1...ТА3 та аналого-цифрового перетворювача (АЦП). При цьому виникає похибка вимірювань, яка обумовлена наявністю вимірювальних трансформаторів. При малих відхиленнях показників якості ЕЕ від нормально - допустимих похибка буде більшою. Для її зниження трансформатори струму ТА1...ТА3 додатково завантажили [2].

Контролюючими параметрами були: потужність двигуна по фазам, обертовий момент, частота обертання, ККД, струм у фазах [3].

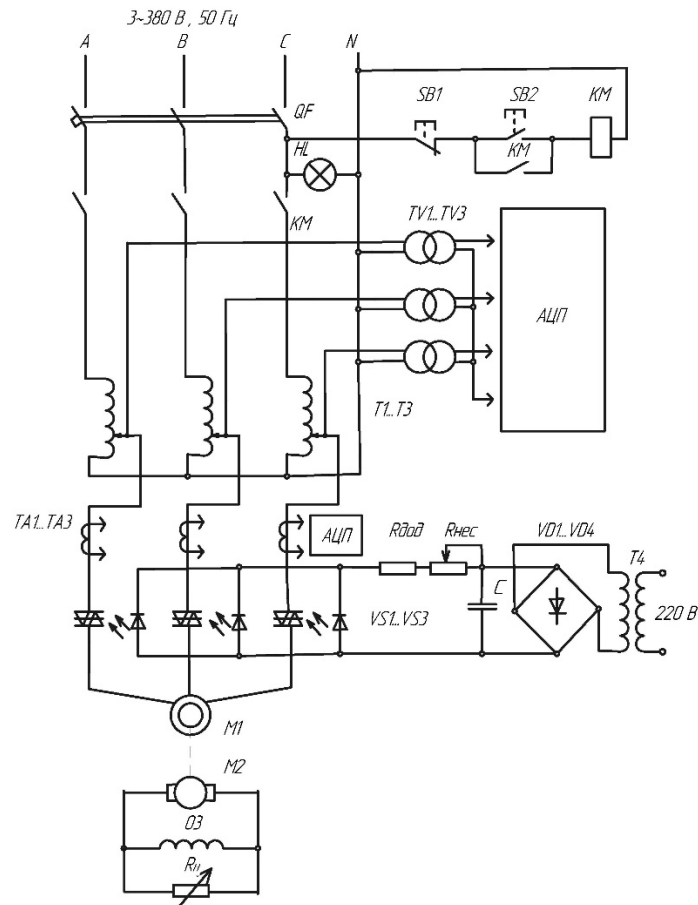


Рисунок 2.2 - Електрична принципова схема експериментально-дослідної установки

В результаті дослідів було виявлено, що незначна несиметрія напруг на зниження обертового моменту та на частоту обертання має незначний вплив. У більшій мірі несиметрія впливає на втрати в електродвигуні, нагрівання та скорочення строку служби ізоляції.

На роботу АД значною мірою впливають вищі гармоніки (ВГ). Так при роботі АД в умовах несинусоїдальної напруги його коефіцієнти потужності і обертовий момент на валу знижуються. Так, якщо амплітуди 5-ої та 7-ої гармонік напруг складуть відповідно 20% і 15% амплітуди 1-ої гармоніки, коефіцієнт потужності двигуна зменшиться до 25% у порівнянні зі значенням його при синусоїдальній нарузі. Якщо ВГ не перевищують нормально допустимі значення по ГОСТ13109-97, то їх вплив на коефіцієнт потужності та

момент можна не враховувати. Вони не перевищують 0,5% моменту, що розвивається при промисловій частоті.

Суттєво ВГ впливають на ізоляцію електричних машин. ВГ активують появу іонізаційних процесів в ізоляції. При цьому розвиваються місцеві дефекти в ізоляції, які призводять до збільшення діелектричних втрат і скороченню строку служби [4].

Дослідження при різних коефіцієнтах завантаження АД дали наступні результати (рисунок 2.3, 2.4, 2.5)

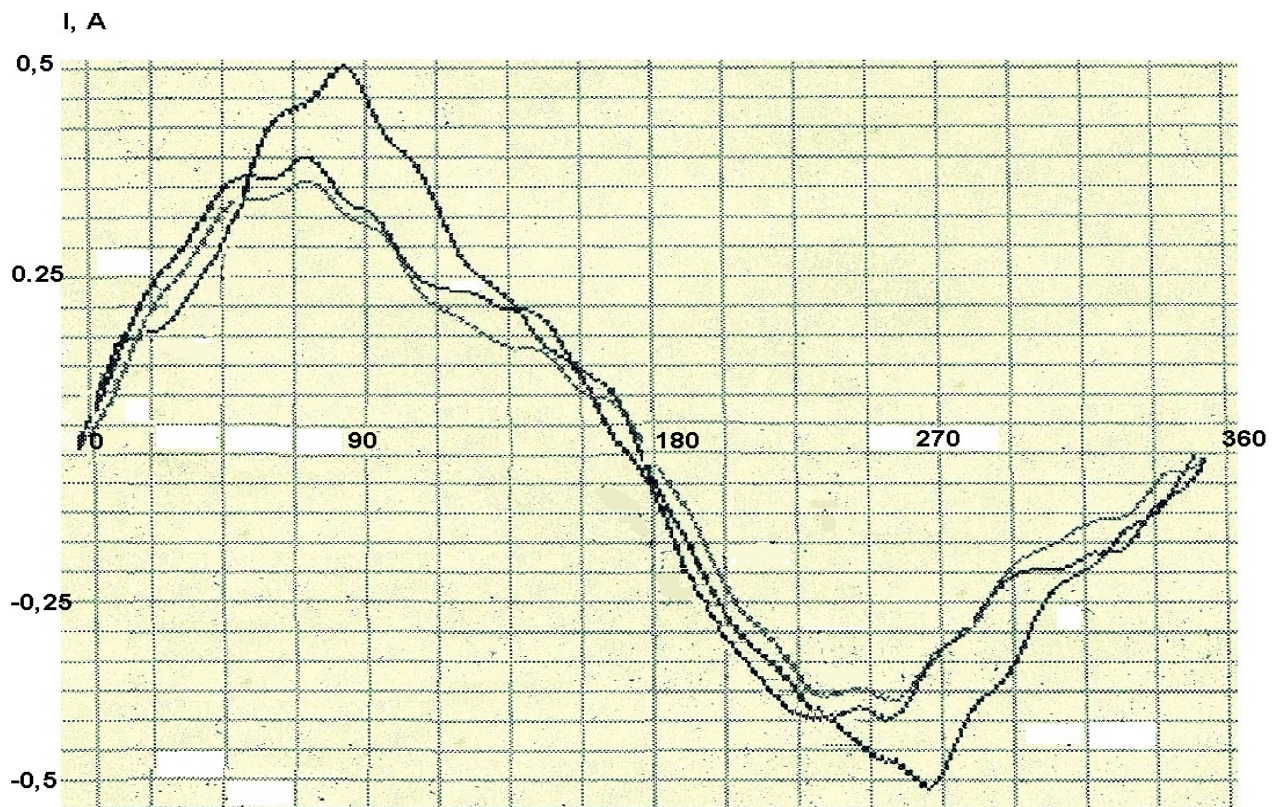


Рисунок 2.3 - Результати дослідження АД при різних значеннях несинусоїдальності та несиметрії і коефіцієнті завантаження $K_3=0$.

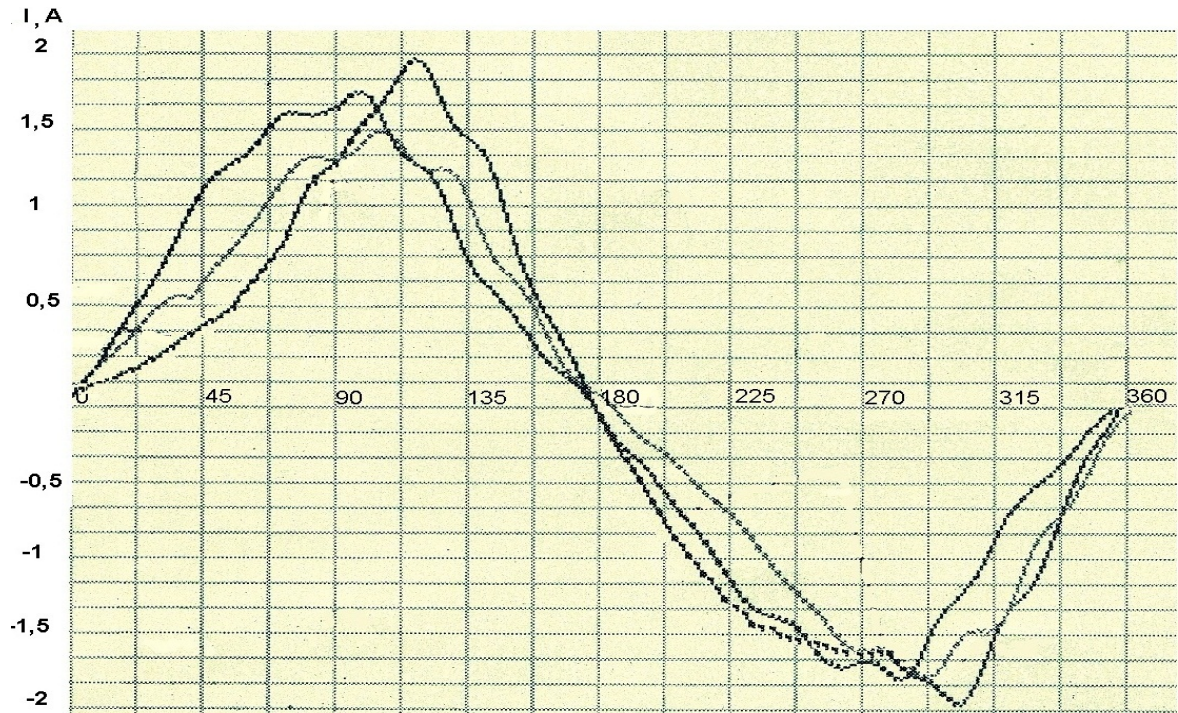


Рисунок 2.4 - Результати дослідження АД при різних значеннях несинусоїдальності та несиметрії і коефіцієнті завантаження $K_3=0,5$.

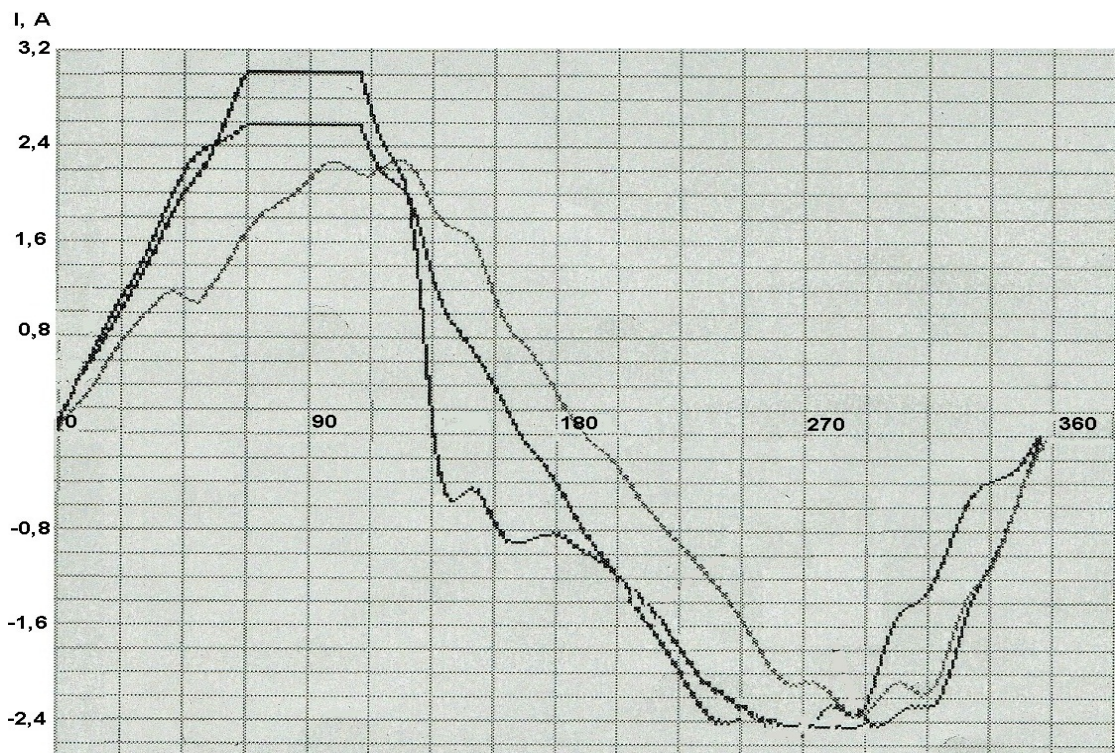


Рисунок 2.5 - Результати дослідження АД при різних значеннях несинусоїдальності та несиметрії і коефіцієнті завантаження $K_3=1$.

Аналізуючи отримані графіки, можна скласти електричні рівняння залежностей M , n_2 , $\eta=f(K_{2U}, K_U)$, які є цільовими функціями. Завдяки нелінійному характеру перемагнічування АД коефіцієнти несинусоїдальності по напрузі та струму неоднакові. Для отримання комплексного впливу несиметрії та несинусоїдальності напруг на технічні характеристики АД був поставлений плановий експеримент за методом Бокса-Уїлсона, який має вигляд $f(x_1, x_2)=a_0+a_1x_1+a_2x_2+a_3x_1x_2$. Експеримент дав наступні залежності за різних коефіцієнтах завантаження (K_3).

$$K_3=0,5:$$

$$n_2=1415-15,75 K_{2U} - 5,75 K_U + 0,75 K_{2U} K_U;$$

$$M=5,95-0,0875 K_{2U} - 0,0525 K_U + 0,0125 K_{2U} K_U;$$

$$\eta=63,8-4,625 K_{2U} - 2,125 K_U + 0,325 K_{2U} K_U.$$

$$K_3=1:$$

$$n_2=1400-26,5 K_{2U} - 11,5 K_U + 3,5 K_{2U} K_U;$$

$$M=7,5-0,2 K_{2U} - 0,06 K_U + 0,015 K_{2U} K_U;$$

$$\eta=75-5,65 K_{2U} - 3,15 K_U + 0,15 K_{2U} K_U.$$

Отже, технічні характеристики, як АД, так і іншого електроустаткування, слід досліджувати при відхиленні від нормально-допустимого значення не одного показника якості ЕЕ, а у комплексі. Цільові функції M , n_2 , $\eta=f(K_{2U}, K_U)$ залежать від завантаження АД та його типу і тому не можуть бути

уніфікованими. Точність вимірювань технічних характеристик АД залежить від величини відхилення показників якості ЕЕ від нормально допустимих значень.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОПРОВОГО ЦЕХУ ПРАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

3.1 Обґрунтування доцільності впровадження заходів зі зниження споживання реактивної енергії

В роботі проведена оцінка заходів, необхідних для зменшення споживання реактивної електричної енергії та дотримання норм показників якості електроенергії ГОСТ 13109 - 97. Для проведення аналізу обраний період січень 2017 р - грудень 2017 р. Аналіз проводився згідно з актами споживання реактивної електричної енергії. Для визначення доцільності реалізації заходів щодо зниження споживання реактивної потужності, зниження рівня коефіцієнта несинусоїдальності та вищих гармонійних складових розглянуті варіанти реконструкції існуючих фільтрокомпенсуючих пристроїв, а також їх заміни. Перелік варіантів реконструкції та заміни фільтрокомпенсуючих пристроїв підключених до вводів 10 кВ фідерних підстанцій цеху наведено в таблиці 3.1 – 3.3. Для визначення доцільності реалізації заходів щодо зниження споживання реактивної потужності, зниження рівня коефіцієнта несинусоїдальності та вищих гармонійних складових розглянуті варіанти реконструкції існуючих фільтрокомпенсуючих пристроїв, а також їх заміни.

При перевірці варіантів реконструкції та заміни фільтрокомпенсуючих пристроїв визначаємо сумарну скомпенсовану реактивну потужність на кожному введенні. Для цього визначаємо потужність кожного ФКП, а потім підсумовуємо отримані величини відповідно до схем підключення по вводах 10 кВ.

3.2 Визначення економічних показників впровадження компенсації реактивної потужності фільтрокомпенсуючими пристроями

Ввод Т-11 фільтр Ф-3 ТКРМ.

Згідно з даними варіанту № 1 передбачається збільшення в два рази існуючої ємності шляхом заміни існуючих батарей на конденсатори типу КЕПФ-7,3-300-2УХЛ1 -14 шт. на кожен фазу.

Так як передбачено підключення ємностей по схемі зірка, приймаємо номінальну напругу конденсаторів $U_{ном}=6,33$ кВ

Згідно паспортних даних ємність конденсаторної батареї типу КЕПФ-7,3-300-2УХЛ1 $C_{конд}$ 17,93 мкФ.

Реактивна електроенергія, скомпенсована однією конденсаторною батареєю, кВар·год:

$$Q_{кб} = U_{ном}^2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot f \cdot C_{конд} \quad , \quad (3.1)$$

де f - частота мережі 50 Гц.

$$Q_{кб} = 6,33^2 \cdot 10^6 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 17,93 \cdot 10^{-6} = 225,588,$$

Реактивна електроенергія, скомпенсована фільтром Ф-3 ТКРМ на ввіді Т-11, кВар·год:

$$Q_{ском.ф} = 3 \cdot Q_{кб} \cdot n, \quad (3.2)$$

де n - кількість конденсаторних батарей в одній фазі 7 шт.

$$Q_{ском.ф} = 3 \cdot 225,588 \cdot 7 = 4737,3 \text{ кВар} \cdot \text{год},$$

Заходи з реконструкції та заміні ФКП на вводах Т-13, Т-15, Т-16, Т-17, Т-18, Т-19, Т-110 не передбачені.

Згідно паспортних даних ємність конденсаторної батареї типу КЕПФ-7,3-300-2УХЛ1 $C_{\text{конд}}$ 17,93 мкФ.

3.4 Визначення фінансово-економічних показників варіантів реконструкції та заміни ФКП

Економічний ефект досягається за рахунок зменшення втрат електроенергії в трансформаторах КТП і за рахунок зменшення втрат електроенергії в лініях мережі живлення і в обмотках електродвигунів при зменшенні величини струмів вищих гармонік.

Втрати електроенергії в трансформаторах до установки фільтра:

$$\Delta W_T = n_T (\Delta P_x \cdot 8760 \cdot k_{3Г}^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau_M) \cdot 10^{-3}, \quad (3.3)$$

де $\Delta P_x, \Delta P_k$ - наведені втрати ХХ і КЗ, кВт;

τ_M - число годин максимальних втрат.

$$\tau_M = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760, \quad (3.4)$$

$$\Delta P_x = \Delta P_x + \gamma \frac{I_x S_{\text{НОМ}}}{100}, \quad (3.5)$$

$$\Delta P_k = \Delta P_k + \gamma \frac{U_x S_{\text{НОМ}}}{100}, \quad (3.6)$$

де γ - еквівалент реактивної потужності, який залежить від додаткових втрат електроенергії при передачі через елементи мережі додаткової потужності, яка обумовлена втратами реактивної потужності в трансформаторах, $\gamma=0,01$ кВт/квар:

$$\Delta P_x = 1,9 + 0,01 \frac{1,2 \cdot 1000}{100} = 2,02 \text{ кВт},$$

$$\Delta P_k = 10,8 + 0,01 \frac{5,5 \cdot 1000}{100} = 11,35 \text{ кВт},$$

$$\tau_m = \left(0,124 + \frac{5400}{10000} \right)^2 \cdot 8760 = 3862 \frac{\text{год}}{\text{рік}},$$

$$\Delta W_T = 2(2,02 \cdot 8760 + 0,84^2 \cdot 11,35 \cdot 3862) \cdot 10^{-3} = 97,248 \text{ МВт} \cdot \text{год}$$

Експлуатаційні витрати від втрат електроенергії:

$$E_T = C_W \cdot \Delta W_T, \quad (3.7)$$

$$E_T = 1,8846 \cdot 97,2 = 56,85 \text{ тис. грн.},$$

де $C_W=1,8846$ грн/кВт·год - вартість 1 кВт·год електроенергії.

Втрати електроенергії в трансформаторах після установки фільтра, МВт·г:

$$\Delta W_T = n_T (\Delta P_x \cdot 8760 + k_{3T}^2 \cdot \Delta P_k \cdot \tau_m) \cdot 10^{-3}, \quad (3.8)$$

$$\Delta W_T = 2(2,02 \cdot 8760 + 0,61^2 \cdot 11,35 \cdot 3862) \cdot 10^{-3} = 68,01 \text{ МВт} \cdot \text{год},$$

$$E_T = C_W \cdot \Delta W_T, \quad (3.9)$$

$$E_T = 1,8846 \cdot 68,011 = 39,759 \text{ тис. грн.},$$

Економія від зменшення втрат електроенергії в трансформаторах:

$$\delta E_T = 56,851 - 39,759 = 17,092 \text{ тис. грн.} \quad (3.10)$$

Втрати електроенергії в мережі живлення і розподільної мережі при протіканні струмів вищих гармонік визначається за формулою:

$$\Delta W_{\text{л}} = 3 \cdot \sum I_n^2 \cdot R_{\text{э}} \cdot \tau_{\text{м}} \cdot 10^{-6}, \quad (3.11)$$

де I_n - струм n-й гармоніки;

$R_{\text{э}} = 0,65$ Ом - еквівалентний опір живильної і розподільної мережі.

До установки фільтра: $I_{n=5} = 95,5$ А; $I_{n=7} = 38,1$ А; $I_{n=11} = 12,5$ А.

$$\Delta W_{\text{л}} = 3 \cdot (95,5^2 + 38,1^2 + 12,5^2) \cdot 0,65 \cdot 3862 \cdot 10^{-6} = 80,79 \text{ МВт·год}$$

Для зручності розрахунку розглядаємо однотипні, а також взаємопов'язані варіанти і зводимо до таблиць 3.1– 3.5.

Таблиця 3.1 - Ввод Т-11 варіант №1-2 (реконструкція існуючих фільтрів ТКРМ).

Показники ефективності проекту	Значення
NPV	4 013 925
PI	5,10
IRR	813%
PP	1,1229
DPP	1,147

Таблиця 3.2 - Ввод Т-11 варіант №3 (заміна існуючих фільтрів на нові).

Показники ефективності проекту	Значення
NPV	251
PI	1,00
IRR	20%
PP	4,911
DPP	9,997

Ввод Т-12 варіанти №1, 2 (встановлення нової конденсаторної установки на основі некомплектного обладнання) та ввод Т-14 варіант №1 (перемикання БК-4 з 1с. П с.ш. ФПС-1 к 4 с. П с.ш. ФПС -2) розглядаємо спільно.

Таблиця 3.3 - Ввод Т-12 варіанти №1, 2 (встановлення нової конденсаторної установки)

Показники ефективності проекту	Значення
NPV	1 615 669
PI	4,57
IRR	404%
PP	1,247
DPP	1,297

Таблиця 3.4 - Ввод Т-12 варіант №3

Показники ефективності проекту	Значення
NPV	881 789
PI	2,78
IRR	100%
PP	1,989
DPP	2,226

Таблиця 3.5 - Ввод Т-12 варіант №4 (встановлення некомплектної конденсаторної установки)

Показники ефективності проекту	Значення
NPV	1 095 929
PI	4,45
IRR	356%
PP	1,28
DPP	1,337

Таблиця 3.6 - Потоки грошових коштів при впровадженні та налагодженні ФКП

№	Потоки грошових коштів, тис. грн	201	201	201	2015	201	201	201	201
		2	3	9		6	7	8	9
		1Y	2Y	3Y	4Y	5Y	6Y	7Y	8Y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	Зміна перемінних витрат	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
3	Маржинальний прибуток	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7	43,7
4	Постійні витрати	-0,47	-0,57	-0,77	-0,97	-1,3	-	-	-
							1,67	2,17	2,77
5	поточні та капітальні ремонти	-0,4	-0,5	-0,7	-0,9	-1,2	-1,6	-2,1	-
									2,77
6	Амортизація обладнання	-24	-18,2	-13,8	-10,5	-8,1	-6,1	-4,6	-3,5
7	з урахуванням проекту	-24,1	-18,2	-13,8	-10,5	-8,1	-6,5	-4,6	-3,5
8	Податки на прибуток	-10,8	-10,7	-10,7	-10,7	-	-	-	-
						10,7	10,5	10,4	10,2

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Додатковий дохід від операційної діяльності	8,5	14,1	18,3	21,5	23,8	25,4	26,6	27,2
10	Відшкодування Амортизації	24,0	18,2	13,8	10,5	8,1	6,1	4,6	3,5
11	Додатковий грошовий потік від операційної діяльності	32,4	32,3	32,2	32,1	31,9	31,6	31,2	30,7
13	Інвестиції	-100							
14	Залік ПДВ з інвестицій	20							
15	Потік інвестиційної діяльності	-80	0	0	0	0	0	0	0
16	Додатковий грошовий потік для бюджетів	-47,5	32,4	32,2	32,1	31,9	31,6	31,2	30,7
17	Грошовий потік	-47,5	32,3	32,2	32,1	31,9	31,6	31,2	30,7
18	Чистий куммулятивний грошовий потік	-47,5	-15,2	17,1	49,2	81,1	112,6	143,7	174,5
19	Коефіцієнти дисконтування	0,91	0,76	0,63	0,53	0,44	0,37	0,31	0,25
20	Дисконтований потік інвестицій	-73,1	0	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22	Куммулятивний дисконтований грошовий потік (NPV)	-43,4	-18,8	1,7	18,6	32,6	44,2	53,8	61,6

Отже, запропоновані технічні рішення щодо компенсації реактивної потужності і одночасного фільтрування вищих гармонік дозволить значно зменшити витрати підприємства на купівлю реактивної енергії з мережі. Крім того, визначено найкращий варіант по кожному із введів на основі техніко-економічного обґрунтування.

Економічні показники, тис. грн.

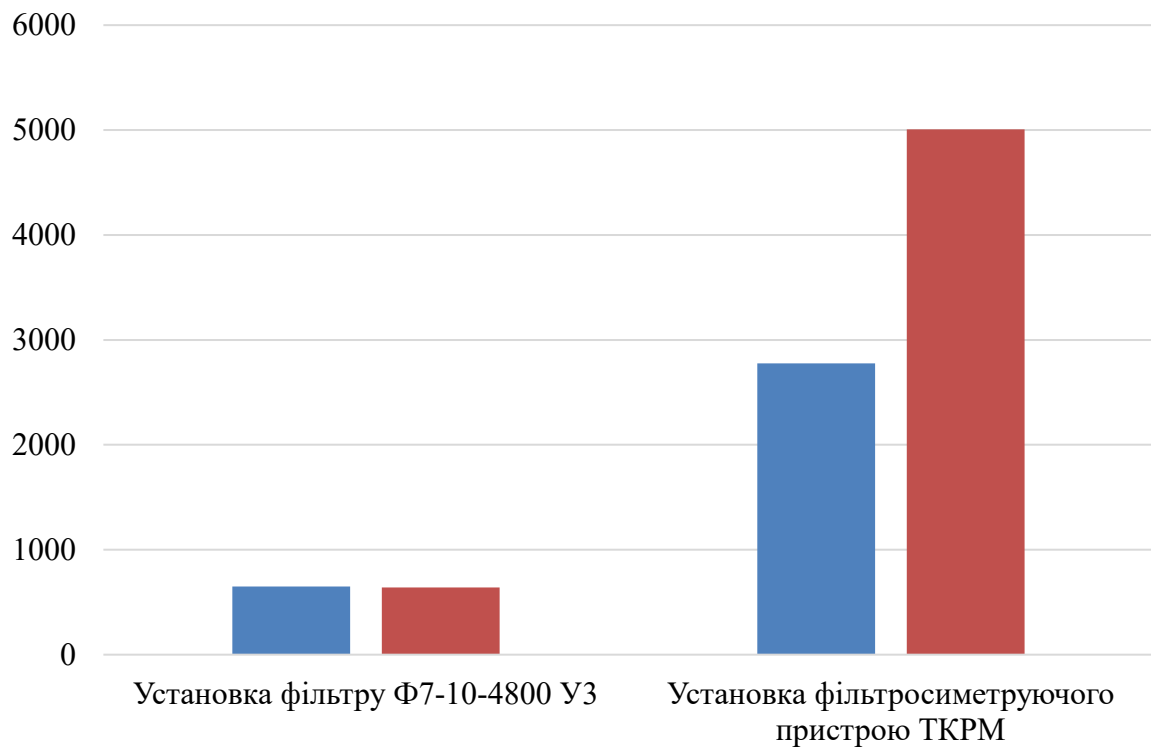


Рисунок 3.1 - Графічне зображення економічної ефективності варіантів реконструкції

Таблиця 3.7 – Загальні показники варіантів реконструкції системи електропостачання

№з/п	Показники	Установка фільтру Ф7-10- 4800 УЗ	Установка фільтросиметруючого пристрою ТКРМ
1	Втрати електроенергії до установки пристрою, тис.грн	1040,08	7578,902
2	Втрати електроенергії після установки пристрою, тис.грн	400,448	2573,037
3	Вартість установки, тис.грн	650,7	2775,9
4	Нормативний коефіцієнт амортизації, %	6,4	8,3
5	Нормативний коефіцієнт на обслуговування, %	3,0	3,0
6	Щорічні витрати на амортизацію і обслуговування, тис.грн	61,758	313,68
7	Економічний ефект від впровадження, тис.грн	639,632	5005,865
8	Термін окупності, років	1,11	0,62

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційних і шкідливих чинників виробничого середовища

Для електропостачання потужних споживачів ПрАТ «Дніпроспецсталь» застосовуються короткі мережі пічних трансформаторів напруги, які виконані у вигляді трифазної мостової схеми. Самі пічні установки є джерелом вищих гармонійних складових в напругах і струмах змінного струму, причому найбільше значення мають 11-та і 13-та гармоніки, а потім 23-тя і 25-та, 35-та і 37-ма, інші гармоніки, номер яких визначається співвідношенням $12n + 1$ (де n - натуральне число). Критерій оцінки якості електричної енергії в даному випадку це коефіцієнт несинусоїдальності і рівень вищих гармонійних складових напруги.

Наявність високих рівнів вищих гармонійних складових у струмі і напрузі приводить до ряду негативних явищ - збільшуються втрати в електричних мережах, в силових трансформаторах, скорочується термін служби ізоляції електричних машин і високовольтних апаратів. Крім того, ускладнюється робота пристроїв релейного захисту, автоматики і телемеханіки.

Робота дугових сталеплавильних печей також пов'язана з викидом в атмосферу шкідливих речовин. Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин в робочій зоні обслуговуючого персоналу встановлюється наступна:

- оксид азоту: NO_2 – 5 мг/м³;
- оксид сірки: SO_2 – 10 мг/м³;
- оксид вуглецю: CO – 20 мг/м³;
- триоксид сірки SO_3 – 1 мг/м³.

Для цеху розроблені наступні заходи з охорони праці.

Проаналізовано потенційно небезпечні шкідливі чинники виробничого середовища, що можуть проявитися при операціях технологічного процесу.

Шкідливі речовини підрозділяються на 4 класи небезпеки. У електролізному залі присутні речовини 3-го і 4-го ступеня небезпеки. Існує небезпека отруєння персоналу оксидом вуглецю (CO), що може потрапити в приміщення залу при порушенні технологічного режиму внаслідок нещільності ущільнювачів, а також небезпека при влученні в зону виділення шкідливих речовин.

Робота дугових сталеплавильних печей пов'язана з виділенням великої кількості канцерогенних речовин.

Вибух - миттєве звільнення енергії речовини і зниження тиску до атмосферного. Причинами вибуху може бути:

- збільшення тиску через несправність запобіжних клапанів;
- зниження інтенсивності охолодження, яке призводить до того, що стінки, котрі нагріваються, перестають охолоджуватися;
- зношеність установки через термін експлуатації;
- порушення технічних умов експлуатації;
- недоліки конструкції і не відповідності матеріалу розрахунковим параметрам.

А також прийняті спеціальні заходи для контролю і обмеження шкідливих викидів та шуму. Розрізняють такі види шумів, що виникають при роботі електросталеплавильного устаткування: корпусний шум, породжуваний механічними вібраціями; повітряний шум, безпосередньо створюваний витяжними системами цеху.

Основними джерелами повітряного шуму, які вимагають у ряді випадків використання спеціального шумопоглинаючого обладнання, є напівпровідниковий перетворювач енергії змінного струму в постійний і система відводу шкідливих виділень. В пічних установках використовуються наступні види шумопоглинаючого обладнання:

- звукопоглинальні підставки;
- звукопоглинальні кожухи;
- глушники шуму.

Таблиця 4.1 – Технологічна карта умов праці для оператора зварювальної машини

№ з/п	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас шкідливих і небезпечних умов, та характер праці		
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь
1	Шкідливі хімічні речовини,					
	2 клас безпеки : SO ₂	1	4,8	4,8р		
	3- клас безпеки: NO ₂	5	5,5	1,1р		
	4- клас безпеки: CO	20	71	3,5р		
2	Вібрація (загальна), дБ	92	95	3		
3	Шум, дБА	80	90	10		
4	Мікроклімат у приміщенні:					
	- температура повітря, °С	25	37-45			20
	- швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,3			
	- відносна вологість повітря,	60	70		10	
5	Інтенсивність тепловіддачі, Вт/м ²	140	200	60		
6	Важкість і напруженість праці	Середньої важкості 2б; напружена				

Джерелом шуму є також вібрація обладнання (насосів, трубопроводів і т.п.). У зв'язку з цим, основним методом боротьби є звукоізоляція джерела, і основні заходи при цьому:

- пристрій віброізолювання бетонного фундаменту під піччю;
- віброізоляція магістральних насосів;
- віброізоляція опорних зв'язків трубопроводів;
- шумоізоляція напівпровідникових пристроїв;
- застосування шумоглушників в каналі викиду шкідливих газів.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом у мережах застосовується устаткування в захисному виконанні. Усі частини, що проводять струм, і проводи ізольовані. Опір ізоляції не менш 500 кОм. Застосовується захисне блокування, тобто відключення електричних ланцюгів під час аварійних ситуацій з повним часом спрацьовування 0,2 секунди. Електроустаткування електросталеплавильного цеху живиться від мережі змінного струму напругою 10кВ/1200В/50Гц.

Для одного робітника (оператора пічної установки) відповідно до гігієнічної класифікації дана гігієнічна характеристика трудового процесу і факторів виробничого середовища, складено карту умов праці (таблиця 4.1).

Умови і характер праці належать до II класу. На робочих місцях наявні чотири чинники 1 ступеня, два чинники 2 ступеня і один чинник 3 ступеня.

4.2 Технічні рішення з виробничої санітарії цеху

4.2.1 Опалення і вентиляція

Для приміщень електросталеплавильного цеху при категорії робіт середньої важкості приведені в таблиці 4.2. Параметри умов виробничого середовища встановлюються відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

У виробничому приміщенні, при кількості виділень тепла, достатньому для обігріву приміщень в холодний період року система опалення не потрібна. У виробничому приміщенні, використовується природна і механічна вентиляція.

Природна вентиляція відбувається за рахунок аерації. Аерація здійснюється під дією аеростатичного і вітряного тиску. Для припливу зовнішнього повітря в приміщенні встановлені прорізи в зовнішніх стінах і

ліхтарі в «холодних» прольотах, що чергуються з «гарячими», причому прольоти відокремленні один від одного спущеними зверху перегородками, що не доходять до підлоги на 2 - 4 м.

Таблиця 4.2 – Нормативні параметри умов виробничого середовища

Характеристики виробничих приміщень з надлишковим тепловиділенням $C > 23 \text{ Вт(м}^3\text{)}$	Категорія роботи	Період року (теплий, холодний)		
		На постійних робочих місцях		
		Температура повітря, $^{\circ}\text{C}$	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий період року	Середньої важкості-2б	22-25;	40-70;	0.2-0.3;

При механічній вентиляції повітрообмін досягається за рахунок різниці тисків, створюваних вентилятором. Механічна вентиляція застосовується у випадках, коли тепловиділення на підприємстві недостатньо для використання протягом цілого року, аерації, а так само, якщо кількість або токсичність шкідливих речовин, що виділяються в повітря приміщення, вимагає постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов.

Для видалення надлишків тепла передбачається приточно-витяжна загальнообмінна вентиляція приміщень котельні. У теплий період року подача повітря в робочу зону здійснюється через фрамуги вікон. Витяжка здійснюється з верхньої зони через дефлектори.

4.2.2 Природне і штучне освітлення

Приміщення електросталеплавильного цеху забезпечено достатнім природним світлом, а у нічний час - електричним освітленням. Місця, що з

технічних причин не можна забезпечити природним світлом, забезпечені електричним освітленням. Освітленість відповідає СНіП 2-4-79 «Природне і штучне освітлення».

Характеристика приміщення залу:

- характер робіт	постійне
спостереження	
- розряд зорової роботи	8
- підрозряд роботи	В
- контрастність об'єкта розпізнавання	велика
-тіло	світле
- коефіцієнт природної освітленості E_n	
При верхньому і комбінованому. освітленні	0,9%
- коефіцієнт природної освітленості E_n	
При звичайному освітленні	0,3%

Для створення сприятливих умов праці важливе значення має раціональне освітлення. Незадовільне освітлення ускладнює проведення робіт, веде до зниження продуктивності праці та працездатності очей, і може бути причиною їх захворювань і нещасних випадків.

На промислових підприємствах штучне освітлення поділяється на робоче (для проведення робіт у темний час доби або в місцях без достатнього природного освітлення), аварійне (для проведення роботи при аварійному відключенні робочого освітлення), евакуаційне (аварійне освітлення для евакуації людей із приміщення при аварійному відключенні робочого освітлення) і охоронне. При необхідності частина світильників того чи іншого виду освітлення використовуються для чергового освітлення. Застосовуються дугові ртутні лампи (ДРЛ).

Штучне освітлення проектується двома системами: загальне (рівномірного або локалізоване з урахуванням розташування робочих місць) і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве. Застосування одного місцевого освітлення не допускається, тому що різкий контраст між яскраво освітленими і

неосвітленими місцями стомлює око сповільнює швидкість роботи і нерідко є причиною нещасних випадків. Для штучного освітлення використовуються стельові лампи типу ДРЛ-150, або світильники типу «Астра». Для місцевого освітлення використовуються лампи накаливання потужністю 150 Вт і світильники НСП-200.

Аварійне освітлення передбачає найменшу припустиму освітленість.

Для внутрішніх приміщень складає 5 лк, але не менш 2 лк, у проходах і на сходах приміщень не менш 0,5 лк, на відкритих площах не менш 0,2 лк.

4.2.3 Санітарно - побутові приміщення

При улаштуванні санітарно-побутових приміщень у дипломній роботі керуємося СНіП 2.09.04-87 «Адміністративні і побутові будинки». Конструкція стін, вікон, стель тощо у виробничому приміщенні відповідає нормам санітарії, і забезпечує сприятливі умови праці робочому персоналу.

До числа побутових відносяться приміщення для задоволення санітарних і побутових потреб працівників під час їхнього перебування на роботі: приміщення для прийому їжі, гардеробні, душові, вбиральні, умивальні, питного водопостачання і комору для інвентарю. На території підприємства обладнані санітарні пункти, укомплектовані аптечками й іншими медичними препаратами.

4.2.4 Шум і вібрація в цеху

Робота устаткування, а також пульсація потужного електричного поля всередині печі створюють у цеху шум і вібрацію. Тому існують різні види шуму. Серед них розрізняють механічні (вентилятори, двигуни), аеродинамічні (газоходи, насоси, вентилятори), гідродинамічні (трубопроводи). Найбільший шум - у

електросталеплавильному цеху, середній - на робочому місці оператора, найменший - у побутових і допоміжних приміщеннях.

Сильний шум має шкідливий вплив на здоров'я людей. Тривалий шум пригнічуючи діє на центральну нервову систему і через неї на весь організм. Це свідчить про необхідність розроблення і впровадження заходів для ослаблення шуму і захисту від нього обслуговуючого персоналу.

З метою зменшення шуму застосовують звукоізолюючі конструкції:

- звукоізоляційна місця керування поста оператора дугової печі;
- звукоізоляція трубопроводу.

Джерелом вібрації в електросталеплавильному цеху слугують насоси, двигуни, тощо. Гранично допустимий рівень вібрації 92 дБ. Вплив вібрації приводить до різних порушень здоров'я людини і може стати причиною вібраційної хвороби. Загальна вібрація впливає на нервову, серцево-судинну систему людини, відбувається порушення у вестибулярному апараті, порушується обмін речовин, виникають головні болі, погіршується сон і та ін.

Як захисні міри використовують віброізоляцію. Для ослаблення передачі вібрацій і шуму по повітряводах і трубопроводах, приєднання їх до вентиляторів і насосів відбувається за допомогою гнучкої вставки з прогумованої тканини. Під джерелом вібрації встановлений міцний фундамент.

4.3 Заходи з поліпшення умов праці

Відповідно до вимог охорони праці виконане компонування устаткування цеху, а також визначено комплекс заходів щодо охорони праці. Застосовано засоби контролю за параметрами системи автоматичного регулювання технологічними процесами, а також системи протиаварійних мір і блокувань. Електроустаткування і заходи щодо його безпечної експлуатації. Умови безпечної експлуатації залежать значною мірою від захищених пристроїв.

Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання котельні забезпечено робочою ізоляцією - електрична ізоляція струмоведучих частин електроустановки, що забезпечує її нормальну роботу і захист від поразки електричним струмом.

Згідно ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електротехнічні вироби котельні по способу захисту людини від поразки електричним струмом відносяться до 1 класу в якому є робоча ізоляція, а також є елемент для заземлення. З урахуванням вимог «Правил устрою електроустановок», НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів», ГОСТ 12.2.007.0-75 «ССБТ. Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» обладнання котельні забезпечено від перевантажень автоматизованою системою керування. Для запобігання ураження електричним струмом при дотику до металевих струмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, слід використовувати захисне заземлення. Для розподілення електроенергії котельні встановлюють модульну шафу з автоматичним вимикачем, магнітним пускачем.

Перед пуском електродвигунів, подається попереджувальний сигнал. Особи, що обслуговують електроустановки мають кваліфікаційну групу не нижчу 3-ої. Усі частини, які проводять струм, ізолювані. Як захисну ізоляцію застосовують теплостійкі лаки, плівки, емалеві й олійні фарби, а також блокування апаратів для запобігання помилкових операцій за допомогою автоматичних вимикачів.

Захисне заземлення електроприймачів виконується сталевими трубами, опір пристрою, що заземлює, не перевищує 4 Ом. На проводах комутаційних апаратів чітко зазначені положення «включено» і «виключено». Для захисту від короткого замикання використовують швидкодіючий релейний захист і вимикачі, плавкі запобіжники.

У цеху впроваджений комплекс організаційних заходів спрямованих на профілактику аварійних ситуацій. До таких заходів відноситься чіткий розподіл

обов'язків між обслуговуючим персоналом, закріплення обслуговування окремих одиниць устаткування за конкретними працівниками, розроблення посадових інструкцій для всіх категорій працівників і періодична перевірка знань персоналу.

З метою профілактики аварійних ситуацій, такий об'єкт, як сталеплавильний цех, підлягає періодичному огляду й іспиту обладнання місцевими органами Держгірпромнагляд. Для запобігання витoku газу через зварні й болтові з'єднання, запірну арматуру, газопровід у зборі проходити іспит Держнаглядохоронпраці України.

Дотримання всіх норм і правил техніки безпеки приводить до значного зниження нещасних випадків на виробництві.

4.4 Пожежна безпека

Відповідно до вимог СНиП 2.01.02-85 «Строительные нормы и правила противопожарные нормы» за ступенем вогнестійкості будівельних конструкцій цех відноситься до категорії "Г". Проектом передбачається можливість швидкої евакуації людей із приміщення цеху. Сталеплавильний цех має два евакуаційних виходи в протилежних боках будівлі. Двері зі службових і допоміжних приміщень відкривається убік цеху. Мається також два пожежних сходи.

До первинних засобів пожежогасіння в цеху належать: пінні вогнегасники ОВП -10, порошкові вогнегасники ОП-5, ОП-7, пожежний інвентар (покривало з теплоізоляційної полотнини, шухляди з піском, діжки з водою, пожежні відра, совкові лопати, багри, ломи, сокири та ін.). У цеху мається внутрішній протипожежний водопровід з пожежними кранами і рукавами, а також є пожежні щити, в комплект яких входять: два вогнегасники, шухляда з піском, два ломи, три багри, дві лопати. Для персоналу цеху проводяться протипожежні

навчальні заходи раз у квартал; інструктаж із Охорони праці і пожежної безпеки.

4.5 Заходи з пожежної безпеки

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики [16].

Електричний струм, який проходить крізь живий організм, чинить термічну, електролітичну та біологічну дію. Термічна та електролітична дія властива будь-яким провідникам, а біологічна - тільки живій тканині.

Для забезпечення безпеки при експлуатації електроустановок в проекті всі електроустановки заземлюються шляхом їх приєднання не менш ніж у двох місцях до контурів заземлення електрообладнання та блискавкозахисту з урахуванням вимог ПУЕ [13].

Розрахункові струмові навантаження не перевищують максимально допустимі для вибраних перетинів проводів та кабелів. Апарати, прилади дроти, шини і конструкції відповідають нормальним умовам режиму коротких замикань. Заземлення електрообладнання забезпечує безпеку персоналу при експлуатації та ремонті електроустановок. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 і 8 Ом при міжфазних напругах 380 і 220 В, відповідно.

Електроспоживаючі установки, електричні пристрої в певних випадках можуть призвести до ураження електричним струмом. Контакт людини з не теплоізованими поверхнями теплопроводів і обладнання теплової схеми може призвести до опіків різного ступеня тяжкості.

Захист та зони захисту від блискавки

Щоб уникнути небезпеки ураження блискавкою, обладнають захист, яка представляє собою комплекс захисних пристосувань, призначених убезпечити людей, будинки і споруди, обладнання та матеріали від можливих вибухів, загорянь і руйнувань, які виникають при дії блискавки, а в будинках сільськогосподарських підприємств - також для безпеки тварин і птахів.

Пристрої, призначені безпосередньо для прийому електричного розряду блискавки, відводять його струм в землю і називають блискавковідводами. Зоною захисту блискавковідводу називають частину простору, який прилягає до блискавковідводу і захищає споруду від прямих ударів блискавки з достатнім ступенем надійності (99%). Радіус зони захисту обчислюється за конкретними параметрами для того чи іншого громовідводу. Щодо ступеня надійності зони захисту блискавковідводів поділяють на два типи: А - з ступенем надійності 99,5% і вище; Б - 95% і вище.

Блискавкоприймачі повинні бути виготовлені (оцинковані або пофарбовані): стрижневий - перетином не менше ніж 10 мм² і довжиною не менше ніж 200 мм, тросовий (Багатодротовий оцинкований трос) - перетином не менше ніж 35 мм². Встановлюються на димарях, у найвищій точці.

4.6 Засоби індивідуального захисту

Для захисту органів слуху застосовують зовнішні і внутрішні протишуми (антифони). Як зовнішні протишуми рекомендують використовувати шумозахисні навушники, які покривають вушну раковину, як внутрішні протишуми – заглушки, вкладиші, які вставляють в зовнішній слуховий прохід.

Ступінь ослаблення шуму залежить від конструкції протишуму і частоти. Заглушки послаблюють шум на 5-7 дБ при частотах до 500 Гц і на 15 дБ при

частотах понад 3000 Гц. Протишуми конструкції МІОТ послаблюють шум до 8 дБ при частотах до 500 Гц і до 55 дБ при частотах 5000-7000 Гц.

Для захисту від низькочастотних шумів придатні заглушки – кліпси, які представляють собою гумові пробочки з плоскою торцевою поверхнею, які закріплені на обідку з сталевого дроту, що пружинить, діаметром 1,5-2 мм. Для захисту від тепловиділень на об'єкті застосовують щільні матеріали з тканини, а також захисні рукавички.

Для захисту органів дихання використовують фільтр типу «тюльпан». Інших засобів індивідуального захисту не передбачається.

4.7 Рішення щодо захисту навколишнього середовища

Електросталеплавильне виробництво є одним з виробництв, що викидає велику кількість небезпечних речовин. Величина викидів залежить від застосовуваної сировини, технологічного режиму плавки і способу відведення газів. Висока температура і дія електричної дуги в робочому просторі викликає утворення оксиду вуглецю, оксидів азоту і сірки, ціанідів і фторидів, які викидаються з печі разом з газами. Вихід технологічних газів з печей визначається згорянням вуглецю шихти і електродів, розкладанням необпаленої частини вапняку і підсмоктуванням атмосферного повітря в піч.

Зниження вмісту шкідливих речовин забезпечується суворим дотриманням технологічного процесу. Таким чином, основним засобом боротьби із забрудненням навколишнього середовища при процесі плавки є забезпечення правильності технологічного процесу та ефективної роботи газоочисного обладнання.

4.8 Інженерні рішення щодо забезпечення необхідного повітряобміну

На сьогоднішній день в електросталеплавильному цеху використовуються дугові сталеплавильні печі марки ДСП. Відповідно до технологічної частини проекту об'єм приміщення цеху дорівнює:

$$V = B \cdot H \cdot L \quad (4.1)$$

$$V = 39 \cdot 26 \cdot 18 = 18252 \text{ м}^3.$$

де B – ширина приміщення цеху, м;

H – висота приміщення цеху, м;

L довжина приміщення цеху, м.

Для створення необхідного повітрообміну розрахункова кількість вентиляційного повітря визначиться за формулою:

$$L = \frac{Q}{c_v \rho (t_{\text{відх}} - t_n)}, \quad (4.2)$$

де Q – виділення в приміщення явного тепла, кВт;

c_v – теплоємність повітря, $c_v = 1 \text{ кДж/кг К}$;

ρ щільність повітря, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

$t_{\text{відх}}$ – температура повітря, що видається, К;

t_n – температура приточного повітря, К.

При допустимій інтенсивності теплового випромінювання 140 Вт/м^2 [11] і фактичній 200 Вт/м^2 , сумарне тепловиділення від зовнішніх поверхонь устаткування і трубопроводів з площею поверхні $F = 42 \text{ м}^2$ дорівнює:

$$Q = F \cdot q \quad (4.3)$$

де F – площа виділення теплоти, m^2 ;

q - інтенсивність теплового випромінювання,

$$Q = 42 \cdot 60 = 2520 \text{ Вт.}$$

Для приведення складових формули до співрозмірних одиниць виміру представимо Q як 2,52 кДж/с. Для літнього періоду перепад температур $\Delta t = (t_{yx} - t_n) = 3 \text{ К}$.

Тоді:

$$L = \frac{2.52}{1.0 \cdot 1.2 \cdot 3} = 0.7 \text{ м}^3/\text{с} \cdot 3600 \text{ с} = 2523 \text{ м}^3/\text{год}.$$

У даному проєкті передбачається установка в електросталеплавильному цеху дефлекторів типу ЦАГИ. Ухвалено наступне конструктивне рішення установки дефлекторів - установка по коньку даху необхідної кількості дефлекторів. З приміщення цеху необхідно видаляти дефлекторами 2523 м³/год повітря. Розрахункова швидкість вітру приймається для Запоріжжя – 2 м/с [12]. Користуючись характеристиками дефлекторів при значенні повного тиску в патрубку дефлектора $H = 0,02 \text{ Па}$, попередньо вибираємо дефлектор №7 (діаметр патрубка $D = 700 \text{ мм}$, висота $H = 1200 \text{ мм}$, висота патрубка $H_1 = 900 \text{ мм}$, зовнішній діаметр $D_1 = 1300 \text{ мм}$).

Розрахункова продуктивність дефлектора визначиться за формулою:

$$L_d = \frac{B - \sqrt{B^2 + 4K \cdot H_c}}{-2K}, \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

де K – коефіцієнт опору мережі, Па;

B - коефіцієнт опору повітряпроводу.

Динамічний тиск повітря при прийнятій швидкості вітру $V = 2,0$ м/с і $\rho = 1,29$ кг/м³ дорівнює, Па [13]:

$$h_{\text{дв}} = \frac{V^2 \cdot \rho}{2},$$

Тоді,

$$h_{\text{дв}} = \frac{2^2 \cdot 1,29}{2} = 2,58 \text{ Па}$$

Коефіцієнт опору повітряпроводу визначаємо за виразом:

$$B = 0,0577 \cdot \frac{V_e}{d^2}. \quad (4.5)$$

де V_e - розрахункова швидкість вітру, 2 м/с;

d - діаметр повітряпроводу, м.

$$B = 0,0577 \cdot \frac{2}{0,7^2} = 0,235$$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів для дефлектора ЦАГИ $\sum \xi = 0,6$.

Опір повітряпроводу H_c до дефлектора:

$$H_c = \sum \xi \cdot h_{\text{дв}}. \quad (4.6)$$

$$H_c = 0,6 \cdot 2,58 = 1,548 \text{ Па.}$$

Знаходимо коефіцієнт опору мережі:

$$K = \frac{H_c}{h_{\partial 6}^2}. \quad (4.7)$$

$$K = \frac{1,548}{2,58^2} = 0,23.$$

Тоді:

$$L\partial = \frac{0,235 - \sqrt{0,235 + 4 \cdot 0,23 \cdot 1,548}}{-2 \cdot 0,23^2} = 0,38 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Необхідна кількість дефлекторів, шт:

$$N = \frac{L}{L_d}. \quad (4.8)$$

$$N = \frac{0,7}{0,38} = 1,84 \approx 2$$

Результати розрахунку підтверджують необхідність установки в приміщенні цеху двох дефлекторів №7 ЦАГИ з діаметром патрубків 700 мм.

ВИСНОВКИ

1. У магістерській роботі було обрано і систематизовано основні чинники, що впливають на ефективність роботи АД в умовах неякісного живлення.

2. Для цих чинників були підібрані необхідні залежності, на підставі яких послідовно і взаємопов'язано обчислено сумарний збиток від живлення АД неякісною електроенергією.

3. Встановлено, що технічні характеристики, як АД, так і іншого електроустаткування, слід досліджувати при відхиленні від нормально-допустимого значення не одного показника якості ЕЕ, а у комплексі.

4. Цільові функції M , n_2 , $\eta=f(K_{2U}, K_U)$ залежать від завантаження АД та його типу і тому не можуть бути уніфікованими. Точність вимірювань технічних характеристик АД залежить від величини відхилення показників якості ЕЕ від нормально допустимих значень.

5. Були проведені розрахунки витрат варіантів реконструкції системи електропостачання, таких як установка фільтру, симетруючого пристрою, необхідних для доведення показників якості до значень, нормованих ДСТУ. Витрати на встановлення обладнання по першому варіанту реконструкції складають 651 тис.грн, при економічному ефекті від заходу майже 640 тис.грн. і строку окупності 1,1 року; по другому варіанту - витрати складають 2775 тис.грн, при економічному ефекті від заходу майже 5006 тис.грн. і строку окупності 0,62 року.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Овчаренко, А.С. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий [Текст]: Проектирование и расчёт./ А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович - К.:Техника, 1985. – 279 с. -
2. Жежеленко, И.В. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях [Текст]/ И.В. Жежеленко. - М.: Электроатомиздат, 1986. – 168 с.
3. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть Электростанций [Текст] : Учебник для студентов вузов/ Б.Н. Неклапаев - М.: Энергия, 1976. – 552 с.
4. Усатенко, С.Т. Выполнение электрических схем по ЕСКД [Текст] :Справочник/ С.Т. Усатенко, Т. К. Даченюк,М. В. Терехова. - М.: Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
5. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий [Текст]: Проектирование и расчет. / А.С. Овчаренко, М.Л. Рабинович - К.: Техника, 1985. – 279 с.
6. Усатенко, С.Т., Даченюк, Т.К., Терехова, М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1989. – 325с.
7. Неклепаев, Б.Н. Электрическая часть электростанций : учеб, пособие / Б.Н. Неклепаев. – М.: Энергия, 1976. - 552 с.
8. Гарнов, В.К. Оптимизация работы мощных металлургических установок [Текст]/ В.К. Гарнов, Л.М. Вишневецкий, Л.Г. Левин. - М.: Металлургия, 1975. - 334 с.
9. Силовые кремниевые вентили (диоды, тиристоры, симисторы) [Текст]: каталог-справочник. – М.: Информэлектро, 1970. - 51 с.
10. Выпрямительные агрегаты серий ВАК и ВАКВ [Текст] : каталог-справочник. – М.: Информэлектро, 1970. - 83 с.

11. Семенко, Н.Г. Измерительные преобразователи больших электрических токов и их метрологическое обеспечение [Текст]/ Н.Г. Семенко, Ю.А. Гамазов.- М.: Издательство стандартов, 1984. – 264 с.
12. Спектор, С.А. Измерение больших постоянных токов [Текст]/С.А. Спектор– Л.: Энергия, 1978.
13. Бадманова, Ю.А. Производство алюминия [Текст]:Справочник металлурга по цветным металлам/ Ю.А. Бадманова, Я.Е. Конторовича. - М.: Металлургия, 1971. - 560с.
14. Розанов, Ю.К. Основы силовой преобразовательной техники [Текст] : Ю.К. Розанов - М.: «Энергия», 1979. - 392 с.
15. Единая методика расчета коэффициентов преобразования для преобразовательных подстанций заводов [Текст] : Всесоюзный научно-исследовательский проектный институт алюминиевой, магниевой и электродной промышленности (ВАМИ). - Ленинград, 1969. - 19с.
16. Методичні вказівки до дипломного проектування з розділу “Охорона праці”[Текст] : - Запоріжжя.: ЗДІА, 2012. – 60с.
17. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж[Текст] : Правила./ ДП ”НТУКЦ” АсЕлЕнерго, - Київ, 2003. – 25 с.
18. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей [Текст] : – М.: Энергия, 1987. – 83 с.
19. Андреев, В.А. Релейная защита, автоматика систем электроснабжения [Текст]/ В.А. Андреев. – М.; Высшая школа, 1983. – 423 с.
20. Князевский, Б.А. Охрана труда в электроустановках [Текст]/ Б.А. Князевский– М.: Энергоатомиздат, 1983. – 244 с.
21. Депутат, О.П. Цивільна оборона [Текст]/О.П. Депутат, В.І Коваленко, І.С. Мужик. – Львів.: Афіша, 2001.ISBN 966-06-0196-6.
22. Проектування. Порядок розробки, погодження та затвердження проектної документації для будівництва[Текст]: ДБН А.2.2-3-2004.–Введ. – 2004-07-01. – Київ: Держстандарт України, 2004. – 39 с.

23. Основні вимоги до проектної та робочої документації [Текст]: ГОСТ 21.101.97.–Введ. – 1998-04-01. – М.: Изд-во. стандартов, 2003. –25с.
24. Правила пристрою електроустановок[Текст]: Глави 1.7, 2.4, 1.9, 2.5// ПУЕ-2006. – Введ. – 2006-05-01. – К.: ІМЦ, 2006. – 653с.
25. Вказівки щодо проектування електропостачання промислових підприємств[Текст]: СН 174-75. – Введ. – 1994-01-01. – К.: Важпромелектропроект, 1994. – 34 с.
26. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів [Текст]: ДНАОП 0.00-1.21-98. – Введ. – 1998-02-10. – К.: Мін. праці і соц. політики України, 1998. – 134 с.
27. Інструкція з пристрою блискавкозахисту будівель і споруд [Текст]: РД 34.21.122-87. – Введ. – 1997-07-30. – Київ: Мінпаливенерго України, 1997. – 43 с.
28. Вироби електротехнічні. Загальні вимоги електробезпеки [Текст]: ГОСТ 12.2.007.0-75. – Введ. – 1978-01-01. – М.: Будвидат, 2003. – 17 с.
29. Пожежна безпека об'єктів будівництва [Текст]: ДБН В.1.1-7-2002. – Введ. – 2017-06-01. – К.: УкрНДІЦЗ, 2017. – 39 с.
30. Электротехнические устройства[Текст]: СНиП 3.05.06-85. – Введ. – 1985-06-05. – М.: УГПИ Тяжпромэлектропроект , 1985. – 59 с.
31. Енергозбереження. Основні положення[Текст]: ДСТУ 2339-94. – Введ. – 1994-01-31. – К.: Держстандарт України , 1994. – 29 с.
32. Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750кВ [Текст]: ГКД 341.004.001-94. – Введ. – 1994-09-05. – Х.: «Індустрія» ,2011. – 58 с.