

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

Проект енергоефективної системи електропостачання

кормоцеху

Виконав: студент VI курсу, групи ЕЕмз-61

спеціальності (напряму підготовки) 141

електроенергетика, електротехніка та

електромеханіка

(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Драбик В.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Костик Л.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Вакуленко О.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Козак К.М.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

Кафедра Електричної інженерії

Освітній ступінь магістр

(шифр і назва)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри електричної інженерії

д.т.н., проф. Тарасенко М.Г.

“2” вересня 2019 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Драбику Владиславу Руслоновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект енергоефективної системи електропостачання кормоцеху

Керівник роботи

Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом по університету від «23» серпня 2019 року № 4/7-731

2. Термін подання студентом роботи

20 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до роботи

Електрична схема мережі фермерського господарства,

план розміщення об'єктів, технічні дані устаткування кормоцеху та графік навантаження ТП 10/0,4.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина

2. Науково-дослідна частина

3. Технологічна частина

4. Проектно-конструкторська частина

5. Спеціальна частина

6. Обґрунтування економічної ефективності

7. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

8. Екологія

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Обґрунтування економічної ефективності	Мельник Л.М. к.е.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Стручок В. С. ст. викл.		
Екологія	Зварич Н. М. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 2 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	02.09.19-08.09.19	
2	Аналітична частина	09.09.19-29.09.19	
3	Науково-дослідна частина	30.09.19-20.10.19	
4	Технологічна частина	21.10.19-10.11.19	
5	Проектно-конструкторська частина	11.11.19-01.12.19	
6	Спеціальна частина	02.11.19-15.12.19	
7	Обґрунтування економічної ефективності	25.11.19-15.12.19	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	25.11.19-15.12.19	
9	Екологія	25.11.19-15.12.19	
10	Висновки	09.12.19-15.12.19	
11	Оформлення пояснювальної записки	21.10.19-15.12.19	
12	Оформлення графічної частини	21.10.19-20.12.19	

Студент _____
(підпис)

Драбик В.Р. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Костик Л.М. _____
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Драбик В.Р. Проект енергоефективної системи електропостачання кормоцеху. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Дипломна робота. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕмз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Стор. - 100; рис. - 13; табл. -16; плакатів - 9; джерел – 20.

У дипломній роботі здійснено проект енергоефективної системи електропостачання кормоцеху промислового підприємства ТОВ «Агрокорм» та розглянуто заходи, що направлені на електрозбереження та вирівнювання добового графіка навантаження.

Вирішені основні питання з електропостачання і захисту силового енергоощадного електрообладнання кормоцеху. Вибрано однострансформаторну КТП-250-10/0,4. Проведений розрахунок освітлювального навантаження на базі сучасних світлодіодних промислових світильників Highbay 200. Також, проведений розрахунок струмів короткого замикання, перевірено захисну та комутаційну апаратуру на чутливість до струмів КЗ, на автоматичне спрацьовування і відключаючу здатність.

Здійснилося вирівнювання нерівномірності графіка електричного навантаження за рахунок оптимізації основних критеріїв моделі оптимізації: дисперсія графіка електричного навантаження зменшилася на 26,4%, збільшився коефіцієнт заповнення та зменшився коефіцієнт максимуму.

Ключові слова: СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ДОБОВИЙ ГРАФІК НАВАНТАЖЕННЯ, ТРИЗОННИЙ ТАРИФ.

ANNOTATION

Graduate work. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Faculty of Applied Information Technologies and Electrical Engineering. Department of Electrical Engineering, group EEM3-61. - Ternopil .: TNTU, 2019.

P. - 100; Fig. - 13; tabl. - 16; posters - 9; sources – 20.

In diploma work the project of the energy-efficient system of power supply to feeding room of industrial enterprise of LTD «Agrofeed» is carried out and events that is sent to electro-maintenance and smoothing of day's load-graph are considered.

The decided basic questions are from a power supply and defence of power energy-efficient electrical equipment to feeding room. The onetransformer is chosen KТП-250-10/0,4. Conducted calculation of the lighting loading on the base of modern light-emitting-diode industrial lamps of Highbay 200. Also, conducted calculation of currents of short circuit, a protective and interconnect apparatus is checked for a sensitiveness to the currents of short circuit, on an automatic wearing-out and disconnecting ability.

Smoothing of unevenness of chart of the electric loading came true due to optimization of basic criteria of model of optimization: dispersion of chart of the electric loading diminished on 26,4%, a fillfactor increased and the coefficient of maximum diminished.

Key words: POWER SUPPLY SYSTEM, SCHEDULE OF ELECTRIC LOAD, THREE-ZONE TARIFF.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Загальна характеристика господарства ТОВ «Агрокорм»	9
1.2 Аналіз і оцінка заходів електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричних навантажень промислових підприємств	11
1.3 Оптимізація добового графіка електричного навантаження	16
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	20
2.1 Оптимізація показників добового графіка електричного навантаження кормоцеху	20
2.1 Оптимізація показників добового графіка електричного навантаження кормоцеху	25
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29
3.1 Розрахунок електричних навантажень силової мережі кормоцеху	29
3.2 Розрахунок освітлювальної мережі	34
3.3 Розрахунок і вибір пускозахисної апаратури силових і освітлювальних мереж	39
3.3.1. Вибір пускозахисної апаратури для силового устаткування	39
3.3.2 Вибір пускозахисної апаратури для освітлювального обладнання.	41
3.3.3 Перевірка на узгодження струмів уставок ПЗА і тривало допустимих струмів провідників.	41
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	45
4.1 Розробка системи електропостачання кормоцеху	45
4.1.1 Визначення розрахункової потужності на введенні.	45
4.1.2 Вибір коефіцієнта потужності.	50
4.1.3 Вибір трансформаторної підстанції	51
4.1.4 Вибір проводу і розрахунок мережі 0,4 кВ на падіння напруги.	52
4.2 Вибір лічильників для обліку електроенергії	53

4.2.1 Багатофункціональний лічильник електричної енергії серії SL7000 Smart	54
4.3 Заходи по компенсації реактивної потужності у кормоцеху	57
4.4 Перевірка вибраної пускозахисної апаратури кормоцеху на автоматичне спрацьовування і селективність роботи	59
4.4.1 Розрахунок струмів короткого замикання	59
4.4.2 Перевірка ПЗА на автоматичне спрацьовування і відключаючу здатність	62
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	65
5.1 Інтегрована модель графіка електричного навантаження кормоцеху з врахуванням споживачів-регуляторів	65
5.2 Дослідження графіка електричного навантаження кормоцеху	67
5.3 Порівняння показників графіка електричного навантаження кормоцеху до і після блоку оптимізації	71
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	74
Економічна ефективність роботи кормоцеху при різних тарифних системах (диференційованих по зонах доби) оплати електричної енергії	74
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	82
7.1 Заходи безпеки при роботі кормоцеху ТОВ “Агрокорм”	82
7.2 Розрахунок захисного заземлення	85
7.3 Загальні положення з евакуації при виникненні надзвичайної ситуації	89
8 ЕКОЛОГІЯ	92
8.1 Аналіз впливу виробничих дій підприємства на довкілля	92
8.2 Заходи і засоби захисту довкілля від викидів підприємства	94
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	96
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	98

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасна енергоефективна система електропостачання цеху промислового підприємства повинна бути: надійною, економічною, забезпечувати відповідну якість електроенергії, перспективною для розширення під час розвитку виробництва, зручною у експлуатації. В задачах проектування сучасних систем електропостачання необхідно комплексно враховувати енергозберігаючий фактор і удосконалити систему з точки зору мінімізації втрат електричної енергії.

Найбільш оптимально вибрати цехове обладнання та досягти оптимального режиму роботи системи електропостачання можна за умови незмінності в часі індивідуального або групового графіка навантаження електроприймачів. Оптимізація добової нерівномірності навантаження дозволить покращити параметри передачі і розподілу електроенергії та зменшити втрати електроенергії в системі електропостачання. Таким чином, вирівнювання графіка електричного навантаження кормоцеху і підприємства за рахунок зменшення споживання електроенергії в час пік і напівпік, в цілому, дозволить отримати значне покращення режиму роботи системи електропостачання та зробити її енергоефективною, що є досить актуальним.

Метою дипломної роботи є створення енергоефективної системи електропостачання кормоцеху для покращення економічних показників ефективності електроспоживання підприємством в цілому.

Завдання дослідження:

- провести аналіз і оцінку заходів електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричних навантажень кормоцеху;
- здійснити розрахунок електричних навантажень кормоцеху, складання добового графіку електричних навантажень, вибір потужності і кількості силових трансформаторів КТП;

- провести розробку системи електропостачання, вибір оптимальної схеми силової та освітлювальної мережі кормоцеху, розрахунок елементів розподільної мережі та вибір комутаційних апаратів і пристроїв захисту;

- здійснити розрахунок струмів короткого замикання та вибір уставок пускозахисної апаратури;

- сформуванню модель оптимізації добового графіка навантаження та провести дослідження впливу застосування цієї моделі на добовий графік навантаження кормоцеху.

Об'єкт дослідження – система електропостачання кормоцеху.

Предмет дослідження – заходи електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричного навантаження кормоцеху.

Наукова новизна отриманих результатів: дістали подальший розвиток заходи електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричних навантажень для кормоцехів.

Практичне значення отриманих результатів виявляється у створенні енергоефективної системи електропостачання, вирівнюванні добового графіка електричного навантаження та мінімізації витрат електроенергії кормоцехом підприємства.

Апробація.

Результати досліджень за темою дипломної роботи були представлені на VIII-й Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (27-28 листопада 2019 року), Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8-и розділів, висновків, переліку посилань (20 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 100 сторінок, 16 таблиць, 13 рисунків.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальна характеристика господарства ТОВ «Агрокорм»

До складу господарства входять 7 відділень, що складаються з тракторних і рільничих бригад, а також кормодобувна і меліоративна бригади. Переробка продукції рослинництва здійснюється на механізованому току.

Середня температура повітря в зимовий період найбільш холодної доби складає -22°C . Середня максимальна температура найтеплішого періоду $+25^{\circ}\text{C}$. Відносна вологість повітря в 13 годин найхолоднішого місяця 65%, в 13 годин найжаркішого місяця 54%. Тривалість опалювального періоду складає 183 доби. Середня температура опалювального періоду $2,6^{\circ}\text{C}$.

Територія даного господарства відноситься до IV району по швидкісному натиску вітру (швидкість вітру 30 м/с 1 раз в 5 років), до IV району по товщині стінки ожеледі (15 мм 1 раз в 5 років). Середньорічна тривалість гроз від 90 до 100 години

Земельна площа господарства на 2019 р. складає 11944 га., у тому числі сільгоспугідь 10290 га., рілля 9312 га., зрошуваних земель 5022 га.

На балансі господарства знаходяться 60 тракторів і 18 комбайнів, ремонт і обслуговування яких робиться в механізованих тракторних майстернях. У господарстві 312 транспортних засобів, 112 з яких – автомобілі.

Продукція тваринництва робиться на 3 молочно-товарних і 2 свинотоварних фермах. Усі виробничі підрозділи пов'язані між собою дорогами з асфальтованим або гравієвим покриттям, з районним центром зв'язок здійснюється по дорозі з асфальтованим покриттям.

Виробничий напрям господарства – зернові культури. Свинарство в господарстві у вартості товарної продукції займає 2,73%. Таким чином свинарство є підсобною галуззю.

Електропостачання господарства здійснюється від ТП 110/35, проектного об'єкту від ТП 10/0,4.

За період з 2016 р. по 2019 р., споживання електроенергії в господарстві знизилося на 9% за рахунок зменшення її споживання на виробничі процеси

Об'єм електроустаткування в ТОВ «Агрокорм» в 2019 році склав 1416 умовних одиниць.

Робота підприємства здійснюється у три зміни (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Характеристика об'єкту проектування

Показник	Зміна		
	ранкова	вечірня	нічна
Початок зміни, час	7.00	15.20	23.40
Тривалість зміни, год.	8	8	7
Перерва у змінах, хв.	20	20	20

Серед сільськогосподарських комбікормових підприємств існують кормоцехи з повним технологічним циклом і спрощеною технологічною схемою, прикладом яких можуть служити кормоцехи на базі комбікормового агрегату ОЦК-4.

Застосування цих агрегатів дозволяє повністю механізувати прийом початкових компонентів, очищення їх від домішок, дроблення, дозування, змішування, видачу готового продукту.

У основу технологічного процесу агрегату ОЦК-4 покладений принцип автоматичного вагового дозування і порційного змішування компонентів, що забезпечує якісніше приготування кормів.

Фуражне зерно змізерніють на безрешітній дробарці ДБ-5, а гранулювання комбікормів здійснюється в грануляторі ОГК-3.

Для транспортування початкових компонентів і готового комбікорму застосована пневматика, що значно спрощує монтаж устаткування, і забезпечило його компактність.

Комплект устаткування ОЦК-4 складається з наступних блоків:

- очищення і накопичення запасу сировини

- приготування розсипних комбікормів
- приготування білково-вітамінних добавок
- приготування мінеральних комбікормів
- приготування гранульованих комбікормів
- введення в комбікорми рідких добавок.

1.2 Аналіз і оцінка заходів електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричних навантажень промислових підприємств

Завданням проектування енергоефективної системи електропостачання кормоцеху, є раціональне розміщення розподільчих пунктів, розрахунок енергозберігаючого освітлювального навантаження з дотриманням нормативних вимог по освітленню, вибір захисту електроприймачів. Для реалізації вищенаписаного необхідно:

- зробити вибір найбільш оптимального варіанту схеми електропостачання кормоцеху, параметрів електромережі і її елементів, що дозволяють забезпечити необхідну надійність електроживлення і безперебійної роботи цеху;
- зробити вибір трансформаторної підстанції;
- устаткувати цех сучасним електричним обладнанням;
- зробити розрахунок силового і освітлювального навантаження цеху;
- здійснити вибір системи вентиляції, освітлювальних і силових проводок, пускозахисної апаратури;

Оптимізувати електроспоживання кормоцехом можливо з допомогою електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричного навантаження. Структура енергоефективної системи електропостачання кормоцеху показана на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Структура енергоефективної системи електропостачання кормоцеху

Заходи, що здійснюються підприємствами для покращення режимних показників графіка електричного навантаження, оптимальної організації процесу споживання електричної енергії, відповідно, зменшення витрат електричної енергії на виробництво одиниці продукції і зменшення енергоємності та собівартості одиниці продукції, як відомо, розподілені на дві групи [2].

Група 1. Заходи, що не потребують додаткових капіталовкладень. Для розробки і виконання заходів цієї групи необхідно провести організаційно-технічну підготовку, пов'язану, наприклад, зі зміною графіка роботи тих електроприймачів, які без збитків можна перевести на роботу поза годинами максимуму енергосистеми, тобто споживачів-регуляторів.

Група 2. Заходи, здійснення яких потребує додаткових капіталовкладень:

1. Встановлення обладнання з більш інтенсивним режимом роботи;

2. Спорудження додаткових складів, для зберігання запасів сировини і т.ін.;
3. Встановлення додаткових потужностей;
4. Встановлення обладнання з більш кращими енергетичними характеристиками.

Першочерговими до здійснення на підприємствах є заходи, що відносяться до першої групи, через те, що вони не потребують додаткових коштів і дозволяють значно впорядкувати технологічний процес і згладити графік навантаження.

Впровадження заходів даної групи дає змогу раціонально використовувати електричну енергію в енергосистемі, тобто підняти реалізацію політики енергозбереження на об'єкті на новий, якісно вищий рівень. Економія енергії здійснюється перш за все за рахунок зменшення технічної складової втрат внаслідок зменшення добової нерівномірності графіка електричного навантаження. На промислових підприємствах впровадження заходів даної групи дає змогу значно зменшити оплату за спожиту електроенергію внаслідок зменшення добової нерівномірності графіка електричного навантаження і, відповідно, заявленого максимуму потужності.

Крім цього, це дає позитивний вплив на підвищення якості електропостачання – покращуються надійність електропостачання, так як максимальне навантаження частково переноситься в зону більшого резерву потужності енергосистеми.

Дана група заходів найбільш ефективно може бути реалізована з використанням споживачів-регуляторів [2]. При цьому, отримана в енергосистемі економія може перевищити додаткові затрати (можлива зміна технологічного циклу роботи) на організацію роботи споживачів-регуляторів.

В якості споживачів регуляторів можна розглядати як окремих потужних приймачів електричної енергії, режим роботи яких може значно впливати на графік споживання електричної енергії, так і групи малопотужних, що об'єднані

технологічним процесом, електроприймачів, сумарний графік споживання електричної енергії котрих також значно впливає на графік споживання електричної енергії підприємства [94]. Але поняття споживача-регулятора є дуже нечітке і для кожного окремого підприємства воно набуває певних ознак.

Постає проблема виявлення, ідентифікації і класифікації споживачів-регуляторів серед множини електроприймачів об'єкта дослідження.

Нехай, для прикладу, на підприємстві невеликої потужності виявлений певний споживач в якості споживача-регулятора. Для даного підприємства він розкриє свій електрозберігаючий і графіковирівнюючий потенціал, але якщо аналогічний приймач буде встановлений на підприємстві значно більшої потужності, то більш за все, він не буде мати ознак споживача-регулятора.

Можна навести ще один приклад: нехай на підприємстві наявна група приймачів електричної енергії, що об'єднані технологічним циклом. Один споживач з даної групи не має достатніх задатків до регулювання графіка електричного навантаження підприємства, але вся група має наявний досить великий потенціал, що не може бути створений на базі одного споживача.

Отже під поняттям споживача-регулятора слід розуміти не тільки одного споживача, а й групу споживачів електричної енергії, що є споживачем-регулятором тільки для конкретного підприємства.

Раціональна організація виробництва, обумовлена ефективним використанням виробничих фондів промислових підприємств сприяє економії електроенергії і технічних засобів електроенергетичної системи [2]. Найбільш раціональним є проведення заходів, які направлені не тільки на зниження навантаження в години максимуму енергосистеми, але і на рівномірний його розподіл на протязі доби. При цьому будуть покращуватись всі умови оптимальності добового графіка навантаження, і, зокрема, основна відокремлена умова (яку доцільно вибрати в якості критерію технічної оптимальності добового графіка навантаження) – дисперсія добового графіка навантаження.

Дуже великого значення набуває проблема вирівнювання добового графіка навантаження як для електропостачальних, так і для електрогенеруючих

компаній: вирішення цієї проблеми сприяє зменшенню витрат паливно-енергетичних ресурсів, раціоналізації процесу виготовлення електричної енергії на електрогенеруючих установках; підвищення рівня експлуатації, надійності і зменшенню втрат електричної енергії в передавальних і розподільчих мережах електропостачальних компаній.

Добове регулювання навантаження промислових підприємств, здійснюється майже без додаткових капітальних вкладень, а досягається в основному за рахунок підвищення рівня організації виробництва.

Достатньо вагомим чинником, що змушує промислове підприємство покращувати свій графік навантаження є система тарифів, що використовується при розрахунку за спожиту електричну енергію. Вказаній вимозі відповідають такі системи тарифів:

1. Двоставковий тариф з основною платою за потужність споживача, яка приймає участь в максимумі енергосистеми, та додатковою платою, яка диференційована з врахуванням плати за електроенергію в години нічних провалів за зниженими тарифами;

$$\Pi = P_{z_{\max}} \cdot \alpha + E_1 \cdot \beta_1 + E_2 \cdot \beta_2 + E_3 \cdot \beta_3, \quad (1.1)$$

де $P_{z_{\max}}$ – заявлена потужність, яка приймає участь в максимумі енергосистеми, кВт;

α – основна ставка за 1 кВт, що приймає участь в максимумі енергосистеми грн/кВт;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – тарифи за електричну енергію відповідно в пікову, напівпікову та нічні зони, грн/кВт·год;

E_1, E_2, E_3 – кількість спожитої електричної енергії, що врахована лічильниками, яка споживається відповідно в пікову, напівпікову та нічну зони, кВт·год.

2.Одноставковий тариф, який передбачає плату тільки за витрачену активну електроенергію при різній її вартості в піковій та напівпіковій зонах та зоні нічного зниження навантаження;

$$П = E_1 \cdot \beta_1 + E_2 \cdot \beta_2 + E_3 \cdot \beta_3, \quad (1.2)$$

Споживачі електричної енергії, що розраховуються з електропостачальними компаніями за допомогою вищезгаданих систем тарифів поставлені в умови, при яких їм вигідно вирівнювати графік навантаження.

За допомогою систем тарифів також можна впливати і на раціоналізацію компенсації реактивної потужності споживачами [3], що також є ваговою складовою оптимізації роботи електропередавального обладнання як підприємства, так і електропостачальних компаній.

Слід зазначити, що кінцевою метою здійснення процесів вирівнювання добового графіка, оптимізації навантаження і електрозбереження є енергозбереження в цілому.

1.3 Оптимізація добового графіка електричного навантаження

Основними завданнями системи електропостачання проєктованого кормоцеху є: надійне та безперебійне постачання споживачів електроенергією відповідної якості та з мінімальними затратами. Отже основною кінцевою метою проєктування енергоефективної системи живлення є підвищення показників – надійність і економічність роботи системи електропостачання.

По відношенню до електричного господарства промислових підприємств [2], електрозбереження (раціональне використання електричної енергії) не може бути здійснене без практичних дій, що опираються на фундаментальні уявлення про створені технологічні виробництва і, як помилково їх називають, допоміжні господарства (теплосилові, газові, водяні, вентиляційні і т. ін.) і служби (ремонтні; зв'язку і диспетчеризації – інформаційні; автоматизації;

виловлювання і утилізації – екологічні і т. ін.), які з початку індустріалізації інтенсивно розвивались, роблячи неможливим без їх функціонування роботу основного технологічного виробництва. Одночасно з розвитком електричних господарств (мова йде не тільки про більшість крупних, що мають розвинутий п'ятий рівень системи електропостачання і середніх підприємств з розвинутим 4 рівнем СЕП, але і про невеликі – 3 рівень СЕП, і міні – 2 рівень СЕП) стали розвиватись наукові напрямки, що досліджують об'єкт, який виник (спочатку, в 30-50-ті роки, окремі його пристрої, установки, споруди, потім, в 60-70-ті роки, як систему – кібернетичну, а в останній час як систему здатну до самоорганізації (кібер-фрактальну чи техноценологічну систему)) [2].

Найбільш оптимально вибрати силове обладнання та досягти оптимального режиму роботи можна за умови незмінності в часі індивідуального чи групового графіка навантаження електроприймачів [4].

На практиці на промислових підприємствах незмінні в часі графіки навантаження зустрічаються дуже рідко (в основному в обладнанні, що не приймає участі в основному виробництві (вентиляція, освітлення)). У більшості випадків має місце змінний індивідуальний графік навантаження для кожної одиниці обладнання, що в результаті формує змінний графік навантаження для всього підприємства.

Коливання між мінімальною і максимальною споживаною потужністю складають 15...30%, тому графіки навантаження характеризуються нічним провалом і явно вираженими ранішнім і вечірнім максимумами [4].

Важливим фактором підвищення ефективності вибору раціональних режимів роботи СЕП є правильне визначення основних напрямків з регулювання добових графіків навантаження.

Проблема “ущільнення” графіків електричного навантаження промислових підприємств має важливе значення як для самих споживачів так і, особливо, для енергосистеми.

Досить важливим і прогресивним є заходи з “ущільнення” графіків навантаження всередині окремих енергосистем. Такими є, наприклад, заходи

організаційного характеру зі створення спеціальних графіків і режимів роботи окремих споживачів. Із всіх груп споживачів в даний час практичного значення для регулювання добових графіків навантаження і зниження піків в години максимуму енергосистеми набувають, в основному, електроприймачі промислових і приватних до них підприємств.

Задача регулювання графіка електричного навантаження та оптимізації його основних параметрів. Дікмаров С.В., Гордєєв В.І., Хронусов Г.С. в роботах наводять принципи оптимізації режиму роботи приймачів, рекомендації по синтезу такого групового режиму роботи, що визначається порядком ввімкнень окремих електроприймачів в їх групі, який призводить до:

- зменшення максимального значення потужності (зниження півгодинного максимуму навантаження);
- зменшення втрат потужності і електричної енергії в мережі.

Одним із заходів, спрямованих на зменшення нерівномірності графіка електричного навантаження, є використання системи тарифів, яка стимулює перенесення навантаження в позапікові зони. При цих тарифах споживач зацікавлений знизити навантаження в години максимуму і заповнити нічні провали навантаження. Аналіз різноманітних систем тарифів на електричну енергію показує, що в значній мірі інтересам енергосистеми і споживачів відповідають диференційовані тарифи в залежності від зміни режимів процесу споживання електричної енергії.

Слід пам'ятати, що найбільш раціональним є проведення заходів, що спрямовані не тільки на зниження навантаження в години максимуму енергосистеми, але і на рівномірний розподіл навантаження на протязі доби. Дана умова найбільш ефективно може бути виконана з використанням споживачів-регуляторів. При цьому істотний вплив чиниться і на підвищення якості електропостачання – покращується надійність електропостачання, так як максимальне навантаження частково переноситься в години резерву потужності енергосистеми. Споживачі-регулятори можуть бути створені як на базі діючих, так і на базі тих підприємств, що проектуються .

При цьому слід зауважити, що створений споживач-регулятор залежить від об'єктивних обставин його роботи і технологічної групи обладнання, в яку він входить. В одних створених умовах він дійсно є споживачем-регулятором, в інших – він втрачає свої якості. Крім цього, оскільки вибраний споживач-регулятор, у більшості випадків, є окремим потужним агрегатом, що значно впливає на добовий графік навантаження об'єкту, то перед використанням його в якості споживача-регулятора доцільно проаналізувати та оцінити його енергетичні характеристики.

Отже до оптимізації графіка електричного навантаження, слід підходити комплексно, враховуючи забезпечення:

- організації комплексного раціонального режиму як групового, так і індивідуального;
- побудови максимально можливо рівномірного добового графіка електричного навантаження;
- технічних заходів для здійснення процесу регулювання (споживачів-регуляторів);
- підвищення ефективності використання енергії в процесі експлуатації споживачів-регуляторів;
- підвищення якості електричної енергії;
- зниження затрат на електропостачання;
- зниження втрат електричної енергії.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Оптимізація показників добового графіка електричного навантаження цеху

Режими роботи електрообладнання і характер його добових графіків навантаження значно впливають на економічні показники цеху та підприємства.

За тривалістю розрізняють добові і річні графіки споживання електричної енергії. Нерівномірність річного графіка навантаження можна спостерігати при річному робочому циклі підприємства, що майже не відчувається енергосистемою. А нерівномірність добового графіка навантаження має значний вплив на енергосистему і, як наслідок, вводяться санкції до підприємств, для згладження свого графіку електричного навантаження.

Оптимальний режим виробництва і споживання електричної енергії має дуже велике значення [2]. Від правильної організації цього процесу можна отримати значний економічний ефект, що в межах країни буде вираховуватись в порядку мільйонів гривень.

Графік електричного навантаження повністю відображає процес споживання електричної енергії в часі, і всі інші режимні показники (мінімальне навантаження, коефіцієнт заповнення графіка навантаження, кількість годин використання максимуму, коефіцієнт форми, кількість годин максимальних втрат електричної енергії).

Для підвищення ефективності електропередачі і електроспоживання, оптимізація показників електричної енергії є важливою, оскільки дозволяє знизити величину технічних втрат при передачі електричної енергії, впорядкувати процес електроспоживання, а також зменшити плату за спожиту електроенергію.

При розрахунковому аналізі графіків навантаження, використовується ряд показників [2]:

- середнє значення потужності P_c групового графіка електронавантаження:

- для дискретних залежностей:

$$P_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i, \quad (2.1)$$

де n – кількість точок фіксації миттєвих значень потужності p_i ;

p_i – миттєве значення потужності в момент фіксації часу $i \in [1, n]$;

- для функціональних залежностей:

$$P_c = \frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} p(t) dt, \quad (2.2)$$

де t_y – час, протягом якого здійснюється усереднення значення потужності.

Оптимальним цей показник буде при:

$$P_{\min}, P_{\max} \rightarrow P_c, \quad (2.3)$$

де P_{\min} – мінімальне значення потужності групового графіка;

P_{\max} – максимальне значення потужності групового графіка.

- середнє навантаження за поточний інтервал:

- для дискретних залежностей:

$$P_{\Theta i} = \frac{1}{\Theta} \sum_{k=j}^{j+\Theta} p_k, \quad (2.4)$$

де Θ – тривалість періоду усереднення значень потужності;

j – початкова координата поточного інтервалу;

p_k – миттєве значення потужності в момент фіксації часу $k \in [j, j + \Theta]$.

- для функціональних залежностей:

$$P_{\Theta i} = \frac{1}{\Theta} \int_t^{t+\Theta} p(t) dt. \quad (2.5)$$

Оптимальним цей показник буде тоді, коли середнє значення потужності на будь-якому проміжку групового графіка, прямуватиме до середнього значення потужності групового графіка:

$$(\forall P_{\Theta}(t), t \in [0, t_y]) \rightarrow P_c. \quad (2.6)$$

- **середньоквадратичне значення потужності графіка:**

- для дискретних залежностей:

$$P_{ск}^2 = \frac{1}{t_y} \left[\sum_{k=1}^m \left(\sum_{r=1}^n p_r(t) \right)^2 \right], \quad (2.7)$$

де m – кількість споживачів, що беруть участь у формуванні групового графіка;

n – кількість ступеней (годин, хвилин, тощо) в циклі.

- для функціональних залежностей:

$$P_{ск}^2 = \frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} \left(\sum_{r=1}^n p_r(t) \right)^2 dt. \quad (2.8)$$

Отже, оптимальним цей показник буде якщо квадрат значення середньоквадратичної потужності буде наближатися до квадрата значення середньої потужності

$$P_{ск}^2 \rightarrow P_c^2. \quad (2.9)$$

- **дисперсія:**

$$DP = (P_{ск} - P_c)^2. \quad (2.10)$$

Даний показник буде мати оптимальне значення при оптимальності середньоквадратичної потужності групового графіка навантаження:

$$DP \rightarrow 0. \quad (2.11)$$

- **коефіцієнт форми, коефіцієнт заповнення, коефіцієнт максимуму та коефіцієнт нерівномірності графіка навантаження.**

$$K_\phi = \frac{P_{ск}}{P_c}, K_M = \frac{P_M}{P_c}, K_z = \frac{P_c}{P_M}, K_H = \frac{P_{\min}}{P_M}. \quad (2.12)$$

Ці коефіцієнти будуть оптимальними при:

$$(K_\phi, K_M, K_z, K_H) \rightarrow 1. \quad (2.13)$$

Проаналізувавши показники графіка навантаження, можна зробити висновок, що умовами оптимальності графіка електричного навантаження є вирази (2.3), (2.6), (2.9), (2.11), (2.13).

Таблиця 2.1 – Аналіз показників графіків навантажень

Показник	Дискретна залежність	Функціональна залежність	Умова оптимальності
Середнє значення потужності групового графіка	$P_c = \frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} p(t) dt$	$P_c = \frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} p(t) dt$	$P_{\min}, P_{\max} \rightarrow P_c$
Середнє навантаження за біжучий інтервал	$P_{\Theta i} = \frac{1}{\Theta} \sum_{k=j}^{j+\Theta} P_k$	$P_{\Theta i} = \frac{1}{\Theta} \int_t^{t+\Theta} p(t) dt$	$(\forall P_{\Theta}(t), t \in [0, t_y]) \rightarrow P_c$
Середньоквадратичне значення потужності групового графіка	$P_{ck}^2 = \frac{1}{t_y} \left[\sum_{k=1}^m \left(\sum_{r=1}^n P_r(t) \right)^2 \right]$	$P_{ck}^2 = \frac{1}{t_y} \int_0^{t_y} \left(\sum_{r=1}^n P_r(t) \right)^2 dt$	$P_{ck}^2 \rightarrow P_c^2$
Дисперсія групового графіка	$DP = (P_{ck} - P_c)^2$		$DP \rightarrow 0$
Коефіцієнт форми графіка навантаження	$K_{\phi} = \frac{P_{ck}}{P_c}$		$K_{\phi} \rightarrow 1$
Коефіцієнт максимуму графіка навантаження	$K_M = \frac{P_M}{P_c}$		$K_M \rightarrow 1$
Коефіцієнт заповнення графіка навантаження	$K_3 = \frac{P_c}{P_M}$		$K_3 \rightarrow 1$
Коефіцієнт нерівномірності графіка навантаження	$K_H = \frac{P_{\min}}{P_M}$		$K_H \rightarrow 1$

Умови (2.9) і (2.11) взаємопов'язані та обидві характеризують дисперсію графіка електричного навантаження – показника, який найбільш повно описує графік електричного навантаження. Його оптимізація призведе до значного вирівнювання графіка електричного навантаження.

Тому в якості критерію технічної оптимальності доцільно вибрати умову (2.9) – мінімізацію дисперсії добового графіка навантаження. Оптимізувавши даний критерій, можна отримати покращення усіх інших показників автоматично.

2.2 Модель оптимізації добового графіка електричного навантаження

Методи, що наведені в [9, 13], направлені на покращення показників графіка електричного навантаження, іншими словами – вирівнювання графіка електричного навантаження, в основному зводяться до пропозицій зміни технологічного процесу приймачів: збільшення тривалості робочого циклу обладнання, зміна тривалості паузи, робота з пониженою потужністю.

З метою вибору та запровадження економічно та технічно доцільного варіанту роботи промислового підприємства, необхідно проводити дослідження та аналіз параметрів режиму роботи об'єкта або технологічної групи об'єктів.

Існують методи [2, 3] оптимізації показників добового графіка електричного навантаження, за допомогою яких можна організувати такий груповий режим роботи з певним порядком ввімкнення окремих приймачів в їх групі. Це призводить до зниження максимуму навантаження та мінімізації втрат потужності і, відповідно, електричної енергії в системі електропостачання.

Такі методи дозволяють оптимізувати графік навантаження, проте результат ще можна покращити використовуючи оптимізаційний потенціал споживачів, які формують графік навантаження підприємства.

Модель оптимізації добового графіка навантаження можна записати у наступному вигляді:

1. Дисперсія добового графіка повинна бути як найменша, тобто прямувати до 0.

Дисперсія графіка електричного навантаження – показник, що найбільш повно описує графік електричного навантаження, оптимізація якого призведе до суттєвого вирівнювання графіка електричного навантаження.

$$F_1 = \sigma_i^2(t) \rightarrow \min \text{ або } DP \rightarrow 0$$

2. Оплата електроенергії за різних диференційованих тарифних систем повинна прямувати до мінімального значення:

$$F_2 = P_{max} \cdot \alpha + \left[\sum_{i=1}^m P_1 \cdot T_1 \right] \cdot \beta_1 + \left[\sum_{i=1}^m P_2 \cdot T_2 \right] \cdot \beta_2 + \left[\sum_{i=1}^m P_3 \cdot T_3 \right] \cdot \beta_3 \rightarrow \min$$

3. Критерії відбору установок-регуляторів. Можна виділити два незалежні критерії для задачі пошуку споживача-регулятора:

1. $F_1 = R \cdot P \Rightarrow \max$, якщо $F_1 = 0$, то споживач не є споживачем-регулятором, оскільки перевід його в режим споживача-регулятора призводить до збитків в його роботі.

2. $F_2 = K_r \cdot K_T \Rightarrow \min$, якщо $F_2 = 0$, то споживач не є споживачем-регулятором, оскільки переведення його в режим споживача-регулятора призводить до збитків (або в цьому випадку доцільно дослідити економічну ефективність переведення даного споживача в режим споживача-регулятора),

де R - режим роботи (години включення, тривалість включення, потужність на кожній ступені);

P - технологічний процес: 1 – без впливу на наступний чи попередній (можливе відключення); 0 – впливає на наступний, або попередній (відключення не можливе);

K_r - кореляційна залежність від учасників групи;

K_T - кореляційна залежність від технологічних параметрів;

4. Втрати установки-регулятора

$$F_3 = \sum_{i=1}^n \left[f(\Delta P, t_{pi}) + f(t_{ni}, t_{ki}) \right] \rightarrow \min$$

5. Доцільний час ввімкнення установки-регулятора (підхід Беллмана-Заде). За побудованими деформованими функціями приналежності можна легко знайти аргумент мінімаксної композиції – максимальну степiнь приналежності нечіткому розв'язку, тобто найбільш доцільний час ввімкнення споживача-регулятора.)

$$\mathfrak{N}^0 = \arg \min_{\mathfrak{N} \in T} \max_{x=1, \dots, S} \mu_x(\mathfrak{N}),$$

$$\mu'_x(\mathfrak{N}) = \left[\frac{\max_{\mathfrak{N} \in T} f_k(\mathfrak{N}) \pm f_k(\mathfrak{N})}{\max_{\mathfrak{N} \in T} f_k(\mathfrak{N})} \right]^{\lambda_k}.$$

6. Максимальна і мінімальна потужність групового графіка оптимальною буде при прямуванні до середнього значення потужності

$$P_{\min}, P_{\max} \rightarrow P_c.$$

7. Коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення повинні наближатися до одиниці:

$$K_\phi \rightarrow 1, K_M \rightarrow 1, K_3 \rightarrow 1.$$

За методом підходу Беллмана-Заде кожній з цільових функцій $\mu_x(\mathfrak{N})$, $\mathfrak{N} \in T$, $x = \overline{1, \dots, S}$, вихідного багатокритерійного завдання має бути поставлена у відповідність нечітка цільова функція (нечітка множина) [2]:

$$X = \{ \mathfrak{N}, \mu_x(\mathfrak{N}) \}, \mathfrak{N} \in T, x = \overline{1, \dots, S},$$

де \mathfrak{N} – нечітка множина;

$\mu_x(\mathfrak{N})$ функція належності нечіткої множини \mathfrak{N} до множини оптимальних рішень;

T – область визначення нечіткої множини \mathfrak{N} ;

S – кількість критеріїв оптимізації.

Аргумент мінімаксної композиції дозволить отримати рішення вихідної багатокритерійної задачі:

$$\mathfrak{N}^0 = \arg \min_{\mathfrak{N} \in T} \max_{x=1, \dots, S} \mu_x(\mathfrak{N}). \quad (2.14)$$

Для вирішення задачі багатокритерійної оптимізації потрібно побудувати відповідні функції приналежності $\mu_x(\mathfrak{N})$. Побудувавши деформовані функції приналежності $\mu'_x(\mathfrak{N})$ за допомогою (2.5) можливо легко знайти аргумент мінімаксної композиції, тобто найкращий час ввімкнення установки-регулятора.

Для швидкого рішення процедури визначення споживачів-регуляторів, та технологічного циклу їхньої роботи необхідно реалізувати дану задачу з допомогою ЕОМ.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок електричних навантажень силової мережі кормоцеху

У таблиці 3.1 приведений перелік електрообладнання, що планується встановити в цеху, його кількість і номінальна потужність.

Таблиця 3.1 – Електричні навантаження кормоцеху

№ на плані	Найменування устаткування	Кількість, шт	Номінальна потужність, $P_{ном}$, кВт
1	2	3	4
1	Автонавантажувач У15-У06	1	2,20
2	Норія У16І-20/20	1	2,20
3	Транспортер У9УКБ-30	1	2,20
4	Транспортер У9УКБ-30	1	2,20
5	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
6	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
7	Норія І-10/10	1	1,10
8	Вібросепаратор ОЦК 4,00	1	0,750
9	Норія І-10/10	1	1,10
10	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
11	Бункер БСХК-20/21	1	0,50
12	Норія І-10/10	1	1,10
13	Вібросепаратор ОЦК 4,00	1	0,750
14	Норія І-10/10	1	1,10
15	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	2	4,00

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
16	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
17	Блок розмелювально- змішувальний ОЦК-4	1	75
18	Блок розмелювально- змішувальний ОЦК-4	1	75
19	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
20	Змішувач СМ-0,5	1	6,20
21	Обладнання для гранулювання	1	98
22	Норія І-10/10	1	1,10
23	Норія У16-ДНК	1	3,00
24	Транспортер РЗ-ТС-2	1	3,00
25	Транспортер РЗ-ТС-2	1	3,00
26	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
27	Норія У16-ДНК	1	3,00
28	Обладнання для накопичення кормів	1	7,80
29	Конвеєр 1ВБКВ-25/25	1	4,00
30	Вентилятор Ц4-70	1	5,50
31	Вентилятор Ц4-70	1	5,50
32	Вентилятор Ц4-70	1	5,50

Розрахунок проводиться згідно умови

$$I_p \leq I_{\text{трив.доп.}}, \quad (3.1)$$

де I_p - розрахунковий струм споживача, А;

$I_{\text{трив. доп.}}$ - тривало допустимий струм проводу, А.

$$I_p = K_3 \cdot I_n, \quad (3.2)$$

де K_3 - коефіцієнт завантаження,

I_n - номінальний струм споживача.

ЕС № 1: Автомобіленавантажувач.

Електродвигун А4Р160М4 з номінальними параметрами:

$$P_n = 22 \text{ кВт};$$

$$I_n = 25,20 \text{ А};$$

$$\frac{I_n}{I_n} = 7,5;$$

$$K_3 = 0,7$$

$$I_p = 0,7 \cdot 41,3 = 33,04$$

$$I_{\text{max}} = K_3 \cdot I_n, \quad (3.3)$$

де K_3 - кратність пускового струму [16]

I_{max} - пусковий струм

$$I_{\text{max}} = 6,5 \cdot 41,3 = 268,4$$

Приймаємо провід АПВ4 (1×10) з тривало допустимим струмом 42 А.

ЕС № 20. Змішувач карбаміду АИР90Я з мелясою.

$$1. \text{ АНР100S4} \quad P_n = 2,2; \quad I_{n1} = 5,0; \quad K_3 = 0,7;$$

$$2. \text{ АНР100L4} \quad P_n = 4,0; \quad I_{n2} = 5,0; \quad K_3 = 0,7;$$

κ_0 - коефіцієнт одночасності роботи механізму.

В цьому випадку характерні струми визначатимуться таким чином:

$$I_p = K_0 \sum_{i=1}^2 K_{zi} \cdot I_{ni}, \quad (3.4)$$

$$I_p = 1 \cdot 0,7 \cdot (5,0 + 8,6) = 6,02$$

$$I_{\max} = I_{\max \text{ в.п.}} + \sum_{i=1}^n I_{\text{нм}}, \quad (3.5)$$

де $I_{\max \text{ в.п.}}$ - пусковий струм двигуна великої потужності, 51,60 А;

$I_{\text{ном}}$ - номінальні струми споживачів меншої потужності, А;

$$I_{\max} = 51,6 + 5,0 = 56,60 \text{ А.}$$

Приймаємо провід АПВ4 (1×2,5) з тривало допустимим струмом 19 А.

Аналогічно проводимо розрахунок для інших споживачів, а розрахункові дані зводимо в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок і вибір складових силової мережі

Номери споживачів за планом на ділянці проводки		I_p , А	I_{\max} А	Марка і Перетин проводу	$I_{\text{трив.. доп.}}$ А
1	2	3	4	5	6
ЩО 2	1	33,02	268,42	АПВ 4 (1×10)	42
	2	3,54	30,24	АПВ4 (1×2,5)	19
ЩО 3	10	6,02	51,64	АПВ4 (1×2,5)	19
	8, 10	7,54	53,74	АПВ4 (1×2,5)	19
	8, 10, 12	9,72	56,7	АПВ4 (1×2,5)	19
	11	0,72	1,31	АПВ4 (1×2,5)	19
	15	6,02	51,62	АПВ4 (1×2,5)	19

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6
	15, 14	8,12	54,64	АПВ4 (1×2,5)	19
	15, 14, 13	10,0	56,8	АПВ4 (1×2,5)	19
	9	2,12	12,24	АПВ4 (1×2,5)	19
	6	6,02	51,62	АПВ4 (1×2,5)	19
	6,7	8,11	54,62	АПВ4 (1×2,5)	19
ЩО 4	27	4,71	40,21	АПВ4 (1×2,5)	19
	25, 27	10,11	50,0	АПВ4 (1×2,5)	19
	26	6,02	51,6	АПВ4 (1×2,5)	19
	30	7,35	78,7	АПВ4 (1×2,5)	19
	31	7,34	78,71	АПВ 4 (1 × 2,5)	19
	32	7,34	78,71	АПВ4 (1×2,5)	19
ЩО 5	5	6,02	51,61	АПВ 4 (1 × 2,5)	19
	3	9,51	56,85	АПВ4 (1×2,5)	19
	18	157,0	420,0	АПВ 4 (1×95)	175
	29	6,01	51,62	АПВ4 (1×2,5)	19
	29,19	12,05	59,61	АПВ 4 (1 × 2,5)	19
	17	157	420,0	АПВ 4 (1×95)	175
	4	5,46	39,0	АПВ4 (1×2,5)	19
ЩО 6	24	5,46	39,0	АПВ 4 (1 × 2,5)	19
	23	4,71	40,21	АПВ4 (1×2,5)	19
	28	8,72	50,12	АПВ4 (1×2,5)	19
	22	2,46	12,22	АПВ 4 (1×120)	19
	21	192,0	246,0	АПВ4 (1×2,5)	200
	20	6,01	56,62	АПВ 4 (1×10)	19

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6
---	---	---	---	---	---

ЩО 1	ЩО 2	36,51	275,42	АПВ 4 (1×16)	39
	ЩО 3	39,62	115,81	АПВ 4 (1×16)	55
	ЩО 4	38,61	116,52	АВРГ (3×185)	59
	ЩО 5	326,00	628,61	АВРГ (3×150)	440
	ЩО 6	219,31	290,1	АПВ 4 (1×16)	235
	ЩО	43,22	43,22	АПВ4 (1×2,5)	55

3.2 Розрахунок освітлювальної мережі

Характеристики приміщень кормоцеху, тип світильників та потужність ламп подана у таблиці 3.3.

Обираємо в якості освітлювальних установок енергоефективні світлодіодні промислові світильники Highbay, потужністю 200 Вт, світловим потоком 19000 Лм, та терміном експлуатації – 50000 год.

Даний світильник є вигідною пропозицією для заміни традиційних газоразрядних ламп:

- зекономить кошти за рахунок низького споживання енергії, та виключення обслуговування, та частої заміни;
- прожектор має надійний захист від пилу і вологи (IP65), широкий діапазон робочих температур (-40 +50°C), тому застосовується не тільки у приміщеннях без опалення, але й на вулиці;
- світильник без шкідливих випромінювань, має миттєве включення, не вимагає утилізації;
- використовується для загального освітлення приміщень, що мають високі прольоти;
- володіє яскравим світлом, без звуків, мерехтінь.

Таблиця 3.3 – Розрахунок освітлювального навантаження кормоцеху

	Найменування	Площа, м ²	Норм. освітл., лк	Світильник		
				Тип	кількість	$P_{вст}$, кВт
1	Відділення приготування кормів	180	300	Highbay	10	2
2	Приміщення для гранулювання	45	300	Highbay	4	0,8
3	Кімната персоналу	18	300	Highbay	2	0,4
4	Відділення для приготування м'яси	38	300	Highbay	4	0,8
5	Вентиляторна	54	300	Highbay	4	0,8
6	Тамбур	8	200	Highbay	1	0,2
7	Венткамера	80	200	Highbay	6	1,2
8	Диспетчерська і щитова	77	200	Highbay	8	1,6
9	Тамбур	22	100	Highbay	3	0,6
10	Побутові приміщення	40	300	Highbay	6	1,2
11	Зовнішнє освітлення	-	-	Highbay	5	1
РАЗОМ:						10,6

Перетин проводів освітлювальної мережі визначимо виходячи з допустимої втрати напруги з подальшою перевіркою на нагрів за таблицями допустимих навантажень.

Перетин проводу визначається згідно формули

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n P \cdot l}{C \cdot \Delta U_{\text{доп}\%}}, \quad (3.6)$$

де P - потужність на ділянці лінії, кВт;

l - довжина ділянки лінії, м;

C - коефіцієнт, що характеризує матеріал провідника [17];

$\Delta U_{\text{доп}\%}$ - допустиме відхилення напруги, 2,5%;

$$\sum_{i=1}^n Pl = l_1 \cdot P_1 + l_2 \cdot P_2 + \dots + l_i \cdot P_i, \quad (3.7)$$

Здійснимо розрахунок для першої групи.

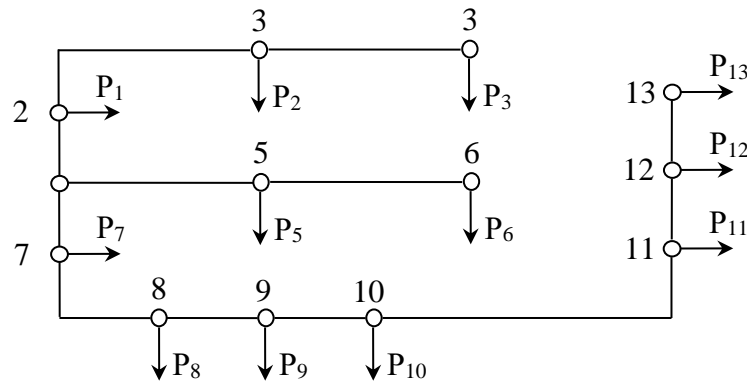


Рисунок 3.1 – Схема першої групи освітлювальної мережі

$$\sum_{i=1}^n Pl = l_{01} \cdot (P_1 + P_2 + P_3 + P_5 + P_6) + l_{02} \cdot P_7 + l_{08} \cdot P_8 + l_{09} \cdot P_9 + l_{0-10} \cdot P_{10} + l_{0-11} \cdot P_{11} + l_{0-12} \cdot P_{12} + l_{0-13} \cdot P_{13}$$

$$\sum_{i=1}^n Pl = 39,5 \text{ кВт} \cdot \text{м}$$

$$F = \frac{39,5}{7,7 \cdot 2,5} = 2,0 \text{ мм}^2.$$

Приймаємо провід АВВГ (2 × 2,5).

Перевіримо на допустиму втрату напруги

$$\Delta U_{\phi\%} = \frac{\sum Pl}{C \cdot F_n}, \quad (3.8)$$

$$\Delta U_{\phi\%} = \frac{39,5}{7,7 \cdot 2,5} = 2\%.$$

Вибраний провід задовольняє умові:

$$\Delta U_{\text{доп}\%} \geq \Delta U_{\phi\%}.$$

Перевіримо вибраний провід по тривало допустимому струму

$$I_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{U_{\phi} \cdot \cos \phi}, \quad (3.9)$$

де $\sum_{i=1}^n P_i$ – сума потужностей цієї групи, Вт;

U_{ϕ} - фазна напруга мережі, 220 В;

$\cos \phi$ - коефіцієнт потужності, 1;

$$\sum_{i=1}^n P_i = 5 \cdot 200 + 7 \cdot 200 = 2400 \text{ Вт}$$

$$I_p = \frac{2400}{220 \cdot 1} = 10,9 \text{ А}.$$

Для проводу з алюмінієвими жилами, перетином 2,5 мм² тривалодопустимий струм 19 А.

$$19 \text{ А} > 10,9 \text{ А}.$$

Умова виконується.

Розрахунок для інших груп проведемо аналогічно, а дані розрахунків зведемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Розрахунок і вибір освітлювальних проводів

№ Щитка	№ групи	I_p А	$\sum_{i=1}^n P_i$	F_p	Марка проводу	$\Delta U_{\phi\%}$

			<i>кВт · м</i>	мм ²		
ЩО	1	10,9	39,51	2,0	АВВГ (2×2,5)	2,0
	2	10,2	36,92	1,9	АВВГ (3×2,5) АВВГ (2×2,5)	1,9
	3	5,9	19,41	1,0	АВВГ (2×2,5) АВВГ (3×2,5)	1,0
	4	10,6	29,90	1,5	АВВГ (2×2,5) АВВГ (3×2,5)	1,5
	5	5,4	3,12	0,16	АВВГ (2×2,5) АВВГ (3×2,5)	0,16
ЩАО	1	3,2	6,75	0,34	АВВГ (2×2,5)	0,34

Провід вибираємо за розрахунковим струмом

$$I_p = \sum_{i=1}^n I_{ni}, \quad (3.10)$$

де $\sum_{i=1}^n I_{ni}$ - сума номінальних струмів груп, 43А;

Для живлення освітлювального щитка приймаємо кабель АНРГ (2×2,5).

Спосіб прокладення - на скобах.

3.3 Розрахунок і вибір пускозахисної апаратури силових і освітлювальних мереж

3.3.1. Вибір пускозахисної апаратури для силового устаткування.

Для захисту електричних кіл від коротких замикань і перевантажень використовуються автоматичні вимикачі. Вони вибираються за умовами

$$I_a > I_{н.у.}, \quad (3.11)$$

де $I_{н.у.}$ - номінальний струм установки

$$I_{н.т.р.} \geq k_{н.т.} \cdot I_p, \quad (3.12)$$

де $I_{н.т.р.}$ - номінальний струм теплового розчеплювача;

$k_{н.т.}$ - коефіцієнт надійності, 1,25.

$$I_{н.е} \geq k_{н.е} \cdot I_n, \quad (3.13)$$

де $k_{н.е}$ - коефіцієнт надійності електромагнітного розчеплювача, 1,25 [6];

$I_{н.е}$ - струм спрацьовування електромагнітного розчеплювача;

I_n - пусковий струм.

СП № 1.

$$I_A \geq 41,3A$$

Приймаємо $I_n = 100$ А

$$I_{н.т.р.} \geq 1,35 \cdot 33,0 = 42,9$$

Приймаємо $I_{нтр} = 50$ А

$$I_{н.э} \geq 1,25 \cdot 268,4 = 335,5A.$$

Для інших приймачів проводиться аналогічний розрахунок. Дані розрахунків зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Дані пускозахисної апаратури кормоцеху

№ ЩС	№ споживача	Дані споживача				Дані вибраного апарату			
		P , кВт	I_n , А	I_n , А	I_p , А	I_n , А	$I_{нтр}$, А	$I_{н.е.}$, А	Тип
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩС2	1	22	41,3	268,4	33	100	50	335,5	ВА 51-31
	2	2,1	5,02	30,2	3,5	25	5,0	37,7	ВА 51-25
ЩС3	108,12	5,8	13,8	59,7	9,71	25	16	70,9	ВА 51-25
	11	0,5	1,3	2,3	0,71	25	1,0	1,6	ВА 51-25
	15, 14, 13	9,85	14,3	568	10,0	25	16	71	ВА 51-25
	9	1,11	3,01	12,2	2,11	25	3,15	15,5	ВА 51-25
	6,7	5,11	11,6	58,1	8,1	25	12,5	68,2	ВА 51-25
ЩС4	25,27	6,0	14,5	50	10,1	25	16	62,5	ВА 51-25
	26	4,0	6,61	51,6	6,2	25	8,0	6,45	ВА 51-25
	30	5,5	9,5	78,7	7,34	25	10	98,4	ВА 51-25
	31	5,5	9,51	78,7	7,34	25	10	98,4	ВА 51-25
	32	5,51	9,52	78,7	7,34	25	10	98,4	ВА 51-25
ЩС5	5,3	6,2	13,6	56,	952	25	12,5	71	ВА 51-25
	18	75	197,4	420	157,9	250	205,3	525	ВА 51-25
	29,19	8,0	17,2	59,6	12,04	25	16	74,5	ВА 51-25
	19	4,0	2,61	51,6	6,02	10	-	-	ПМЛ 15203
	17	75	197,4	420	157,9	250	205,3	525	ВА 51-25
	4	3,0	7,82	39	5,46	25	7,12	48,7	ВА 51-25

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ЩС6	24	3,0	7,8	39	5,46	25	8,0	48,7	ВА 51-25
	23	3,0	9,7	40,2	4,7	25	6,3	50,2	ВА 51-25
	28	7,8	14	50,1	8,7	25	12,5	62,6	ВА 51-25
	22	1,1	3,5	12,25	2,45	25	4,0	15,3	ВА 51-25
	21	98,2	240	246	192	250	250	307	ВА 51-25
	20	6,2	13,6	51,6	6,02	25	7,8	61	ВА 51-25
ЩС1	ЩС2	24,2	46,3	275,4	36,5	250	50	700	ПН 2-750
	ЩС3	18,4	56,6	115,8	39,6	750	63	882	ПН 2-750
	ЩС4	29,5	61,3	116,3	38,6	750	63	872	ПН 2-750
	ЩС5	163,2	425,6	628,6	326	600	500	1500	ПН 2-600
	ЩС6	119,3	285,6	290,1	219,3	400	320	362	ПН 2-400
	ЩО	9,5	-	-	43,2	63	63	54	ВА 51-25
Ввід	ЩС1	364,1	875,4	913	612,8	600			ПН 2-600

3.3.2 Вибір пускозахисної апаратури для освітлювального обладнання.

Освітлювальні мережі в усіх випадках мають бути захищені від струмів короткого замикання.

Автоматичні вимикачі для системи освітлення вибираються по номінальному струму теплового розчеплювача і по струму спрацьовування електромагнітного розчеплювача. Дані захисної апаратури для системи освітлення кормоцеху зводимо в таблицю 3.6.

3.3.3 Перевірка на узгодження струмів уставок ПЗА і тривало допустимих струмів провідників.

Перетини провідників мають бути вибрані так, щоб відношення їх тривало допустимих струмів навантаження до струмів уставок захисних апаратів не перевищували значення, приведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.6 – Дані ПЗА (силової) освітлювальної мережі

№ ЩО	№ групи	Струми групи		Дані захисних апаратів		
		I_p , А	I_{max} , А	Тип	I_n , А	I_{EM} , А
ЩО	1	10,9	10,9	ВА 51-29	11	33
	2	10,2	10,2	ВА 51-29	11	33
	3	5,9	5,9	ВА 51-29	6	28
	4	10,6	10,6	ВА 51-29	11	32
	5	5,4	5,4	ВА 51-29	6	18
ЩАО	1	3,2	3,2	ВА 51-26	68	5

Таблиця 3.7 – Допустиме значення струмів установок і тривало допустимих струмів проводу

Тип захисного апарату	I_z	$\frac{I_z}{I_{g.g.}}$
Плавкий запобіжник	Номінальний струм плавкої вставки	3
Автоматичний вимикач з електромагнітним розчіплювачем	Струм установки	4,5
Автоматичний вимикач з нерегульованим тепловим розчіплювачем	Номінальний струм розчіплювача	1
Автоматичний вимикач з регульованим тепловим розчіплювачем	Струм налаштування	1,5
Автоматичний вимикач з комбінованим розчіплювачем	Струм уставки відсічення	-
	Струм теплового розчіплювача	1..1,5

Дані розрахунків узгодження пускозахисної апаратури і тривало допустимих струмів проводів зводимо в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 - Розрахунок струмів уставок пускозахисної апаратури

№ споживача	Тип захисного апарату	I_3 , А	$I_{d.0}$, А	$I_3 / I_{d.0}$, А	Допустиме значення
1	ВА 51-31	50	42	1,18	1...1,5
2	ВА 51-25	5,0	19	0,26	1...1,5
10, 8 12	ВА 51-25	16	19	0,84	1...1,5
11	ВА 51-25	1,0	19	0,16	1..1,5
13, 14, 15	ВА 51-25	16	19	0,84	1...1,5
9	ВА 51-25	3,156	19	0,15	1..1,5
6, 7	ВА 51-25	12,5	19	0,66	1...1,5
25, 27	ВА 51-25	16	19	0,85	1...1,5
26	ВА 51-25	8	19	0,42	1...1,5
30 – 32	ВА 51-25	10	19	0,51	1..1,5
5, 3	ВА 51-25	12,5	19	0,61	1..1,5
18	ВА 51-35	205	175	1,17	1...1,5
29, 19	ВА 51-25	16	19	0,84	1..1,5
17	ВА 51-35	205	195	1,05	1...1,5
24	ВА 51-25	8	19	0,42	1...1,5
23	ВА 51-25	6,3	19	0,33	1...1,5
28	ВА 51-25	12,5	19	0,66	1..1,5
21	ВА 51-35	250	200	1,25	1..1,5
20	ВА 51-25	7,8	19	0,41	1...1,5
ЩС 2	ВА 51-31	50	39	1,28	1..1,5
ЩС 3	ВА 51-31	63	56	1,14	1...1,5
ЩС 4	ВА 51-31	63	56	1,14	1..1,5
ЩС 5	ВА 51-39	500	440	1,13	1...1,5
ЩО	ВА 51-31	63	55	1,15	1...1,5
ЩС 1	ПН 2-600	630	440	1,43	3

З отриманих даних вибираємо силові і освітлювальні щити з урахуванням вмонтованих в них автоматичних вимикачів:

Введення - РПБ-36;

ЩС 1 - ПР 8501-1149;

ЩС 2 - ПР 8501-1149;

ЩС 3 - ПР 8501-1149;

ЩС 4 - ПР 8501-1149;

ЩС 5 - ПР 8501-1155;

ЩС 6 - ПР 8501-1149;

ЩО - ЩОВ-1А;

ЩАО - ЩО41-5101.

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Розробка системи електропостачання кормоцеху

Цехові мережі для розподілу електроенергії мають:

- забезпечувати необхідну надійність електропостачання приймачів електроенергії в залежності від їх категорії;
- бути зручними та безпечними в експлуатації;
- мати оптимальні техніко-економічні показники;
- мати конструктивне виконання, яке забезпечує швидкі методи монтажу.

Цехові мережі промислових підприємств виконують на напругу до 1 кВ (найбільш поширеною є напруга 380 В). На вибір схеми і конструктивне виконання цехів мереж роблять вплив такі чинники, як міра відповідальності приймачів електроенергії, режими їх роботи і розміщенні по території цеху, номінальні струми і напругу [19].

Усі електроспоживачі кормоцеху є порівняно невеликими по потужності і відносно рівномірно розподілені по площі самого цеху.

Усіх електроспоживачів кормоцеху можна віднести до II категорії надійності електропостачання.

4.1.1 Визначення розрахункової потужності на введенні.

Розрахункове навантаження на введенні визначається методом побудови графіку електричних навантажень [19]. Графік електричних добових навантажень можна побудувати на підставі технологічного графіку роботи обладнання. За розрахункову потужність беремо еквівалентну, яка дорівнює півгодинному максимуму, визначуваному на ділянці, де протягом півгодини споживається найбільша потужність.

Початковим етапом проектування системи електропостачання кормоцеху є визначення електричних навантажень. За величиною електричних навантажень вибирають і перевіряють електроустаткування проекрованої системи

електропостачання, визначають втрати потужності та електроенергії. Якщо завищити навантаження, то це може призвести до здорожчання будівництва, перевитрат провідникового матеріалу і, насамперед, невиправданого збільшення потужності силових трансформаторів та іншого устаткування. Якщо знизити навантаження, то це може привести до зменшення пропускної спроможності системи електропостачання цеху, зайвих втрат потужності, перегрів проводів, кабелів і трансформаторів, і, відповідно, до скорочення терміну їх експлуатації.

Основним методом визначення розрахункового навантаження є метод впорядкованих діаграм, що використовує коефіцієнт розрахункового навантаження [16].

Розрахункову потужність електроспоживачів визначимо за формулою

$$P_p = K_z \cdot P_n, \quad (4.1)$$

де P_p – розрахункова потужність, кВт;

K_z - коефіцієнт завантаження електроспоживача.

Проведемо розрахунок для СП № 1 - автомобілерозвантажувача.

$$P_n = 22,0 \text{ кВт}$$

$$K_z = 0,7$$

$$P_p = 22 \cdot 0,7 = 15,40 \text{ кВт.}$$

Для інших електроспоживачів розрахунок проводимо аналогічно, далі розрахункові дані зводимо у таблицю 4.1 та будемо графік роботи електрообладнання кормоцеху. Підсумувавши розрахункові навантаження будемо добовий графік навантажень (4.1).

Таблиця 4.1 – Технологічний графік роботи електрообладнання кормоцеху

№	Найменування	P_n , кВт	K_3	P_p , кВт	Години			
					I	II	III	IV
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Розвантажувач	2,2	0,7	15,4	—		—	
2	Норія	2,2	0,7	1,5	—		—	
3	Транспортер	2,2	0,7	1,5	—		—	
4	Транспортер	3,0	0,7	2,1	—		—	
5	Конвеєр	4,0	0,7	2,8		—		—
6	Конвеєр	4,0	0,7	2,8		—		—
7	Норія	1,1	0,7	0,7		—		—
8	Вібросепаратор	0,75	0,7	0,5		—		—
9	Норія	1,1	0,7	0,7		—		—
10	Конвеєр	4,0	0,7	2,8		—		—
11	Бункер	0,5	0,5	0,2		—		—
12	Норія	1,1	0,7	0,7		—		—
13	Вібросепаратор	0,75	0,7	0,7		—		—
14	Норія	1,1	0,7	0,7		—		—
15	Конвеєр	4,0	0,7	2,8		—		—
16	Конвеєр	4,0	0,7	2,8		—		—
17	ОЦК - 4	75	0,5	37,5		—		—
18	ОЦК - 4	75	0,5	37,5		—		—
19	Конвеєр	4,0	0,7	2,8		—		—
20	Змішувач	62	0,9	59	—		—	
21	Гранулятор	98	0,6	59		—		—
22	Норія	1,1	0,7	0,7		—		—
23	Норія	3,0	0,7	2,1		—		—
24	Транспортер	3,0	0,7	2,1		—		—

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
25	Транспортер	3,0	0,7	2,1				
26	Конвеєр	4,0	0,	2,8				
27	Норія	3,0	0,7	2,1				
28	ОНК - 3	7,8	0,7	5,5				
29	Конвеєр	4,0	0,7	2,8				
30	Вентиляція	4,0	1	11				
31	Освітлення	9,5	1	9,5				

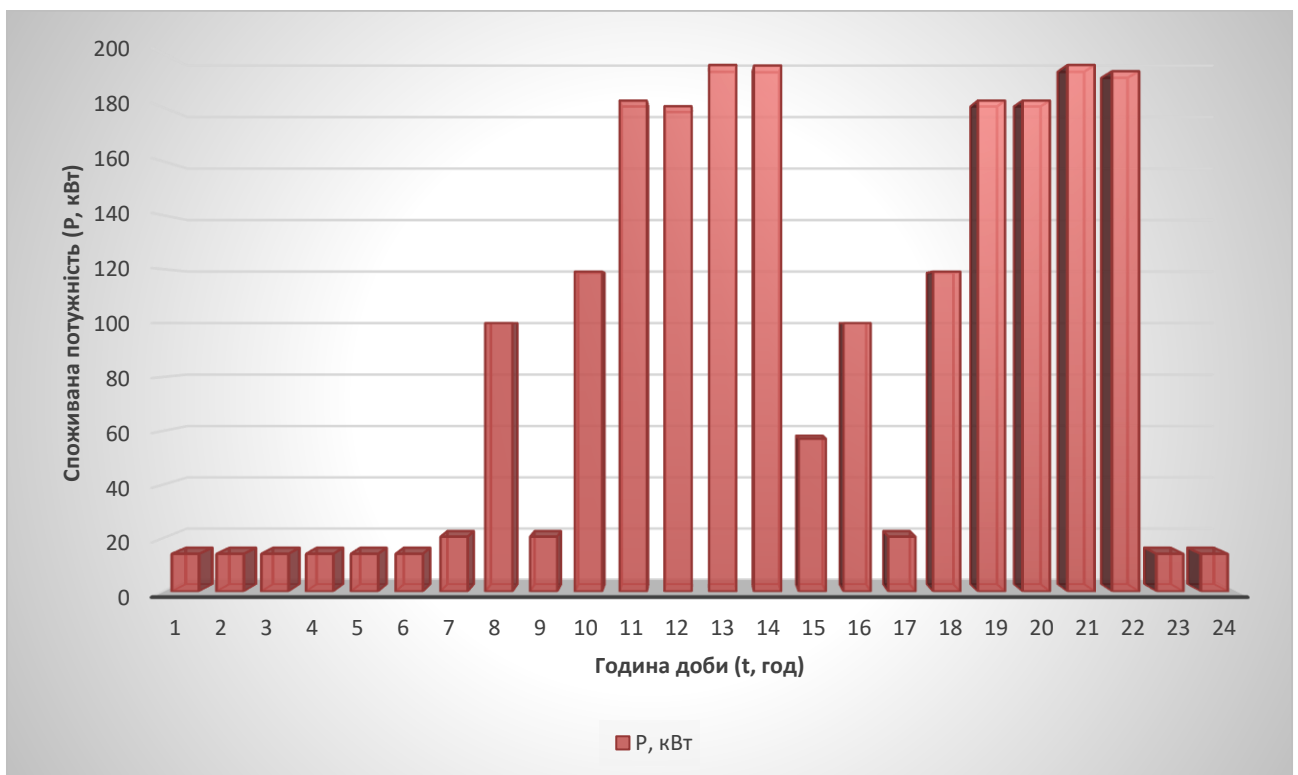


Рисунок 4.1 – Добовий графік електричних навантажень кормоцеху

За графіком як розрахункове навантаження приймаємо потужність, яка дорівнює 182 кВт.

Повна еквівалентна потужність визначається за формулою

$$S_{екв} = \frac{P_{екв}}{\cos \varphi}; \quad (4.2)$$

де $P_{екв}$ - еквівалентна потужність при максимальному навантаженні, 182кВт;

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності для виробничих об'єктів він становить 0,78 [16].

$$S_{екв} = \frac{182}{0,78} = 233кВА.$$

Окрім проектованого кормоцеху від підстанції живляться наступні об'єкти підприємства:

санпропускник -	$P = 2$ кВт
контора -	$P = 2$ кВт
вагова -	$P = 0,5$ кВт
свинарник -	$P = 22,9$ кВт
свинарник -	$P = 9,2$ кВт
свинарник -	$P = 12,8$ кВт
свинарник -	$P = 8,7$ кВт
свинарник -	$P = 8,7$ кВт
свинарник -	$P = 8,7$ кВт
бійня-	$P = 2$ кВт
склади -	$P = 19,2$ кВт.

Повну розрахункову потужність визначаємо за формулою (4.1) з урахуванням потужності додаткових об'єктів підприємства

$$P_p = P_{рб} + \sum \Delta P_p, \quad (4.3)$$

де $P_{рб}$ - розрахункова потужність кормоцеху, кВт.

ΔP_p - додаткові потужності.

$$P_p = 182 + 1,2 + 1,2 + 0,3 + 14,4 + 5,6 + 7,7 + 3 \cdot 5,3 + 1,2 + 12,3 = 236,5$$

$$P_p = 236,5 \text{ кВт.}$$

4.1.2 Вибір коефіцієнта потужності.

Тваринницькі приміщення зазвичай мають коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0,75$ [16].

Інші споживачі:

санпропускник $\cos \varphi = 0,85$

контора $\cos \varphi = 0,85$

вагова $\cos \varphi = 0,9$

кормоцех $\cos \varphi = 0,78$

склад $\cos \varphi = 0,7$

Середній коефіцієнт потужності визначається за формулою

$$\cos \varphi_{CB} = \sqrt{\frac{P_1 \cdot \cos^2 \varphi_1 + P_2 \cdot \cos^2 \varphi_2 + \dots + P_n \cdot \cos^2 \varphi_n}{\sum_1^n P_n}} \quad (4.4)$$

де $\sum_1^n P_n$ - сума потужностей об'єктів, кВт,

$$\cos \varphi_{CB} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,85^2 + 2 \cdot 0,85^2 + 0,5 \cdot 0,9^2 + 22,9 \cdot 0,75^2 + 0,75^2 \cdot (9,2 + 12,8 + 26,1 + 2)}{2 + 2 + 0,5 + 22,9 + 9,2 + 12,8 + 26,1 + 2 + 19,2}} =$$

$$= 0,77$$

Повну розрахункову потужність визначаємо згідно формули

$$S_p = \frac{P_p}{\cos \varphi_{CB}}, \quad (4.5)$$

$$S_p = \frac{236,5}{0,77} = 305,3 \text{ кВА.}$$

4.1.3 Вибір трансформаторної підстанції

Для роботи трансформатора з природним масляним охолодженням в нормальному режимі його потужність повинна відповідати економічному інтервалу навантаження

$$S_{ен} < S_p \leq S_{ев}, \quad (4.6)$$

де $S_{ен}$ і $S_{ев}$ - нижня та верхня межа інтервалів навантаження для трансформатора з урахуванням можливого приросту навантаження.

Вибираємо трансформаторну підстанцію КТП-250-10/0,4 з масляним трансформатором ТМФ-250 з номінальною потужністю $S_n = 250 \text{ кВА}$.

Для даної трансформаторної підстанції межі інтервалів навантаження мають значення: $S_{ен} = 206 \text{ кВА}; S_{ев} = 320 \text{ кВА}$, [16].

При повній потужності $S = 305,3 \text{ кВА}$ умова виконується

$$206 < 305,3 \leq 320$$

Значить, вибрана підстанція відповідає вимогам постачання проектованого кормоцеху та існуючих об'єктів.

Комплектна трансформаторна підстанція прохідного типу потужністю 250 кВА напругою 10кВ на ВН і 0,4кВ на НН призначення для приймання, перетворення і розподілення електричної енергії з помірним кліматом (- 45 °С до +40 °С).

Трансформаторна підстанція подається в металічній кабіні високої заводської готовності з силовим трансформатором, відділенням високовольтним і відсіком низької напруги. В відсіку низької напруги знаходяться автоматичні вимикачі, тут ведеться загальний облік електричної енергії.

Умови експлуатації трансформатора ТМФ 250/10:

- висота над рівнем моря не більше 1000 м;
- температура повітря від -45 до +40°С;

- відносна вологість повітря не більше 80% при температурі повітря 25°C.

Трансформатор не розрахований до роботи:

- в вибухонебезпечному і агресивному середовищі;
- при вібрації і трясінні;
- при частих включаннях з сторони живлення (10 раз в добу).

4.1.4 Вибір проводу і розрахунок мережі 0,4 кВ на падіння напруги.

Для розрахунку проводу 0,4 кВ потрібно розрахувати еквівалентну потужність і втрату напруги на ділянці .

Еквівалентну потужність визначаємо за формулою

$$S_{екв} = \kappa_{\delta} \cdot S_{\text{діл.}}, \quad (4.7)$$

де κ_{δ} - коефіцієнт динаміки росту навантажень, 0,7 [11]

$S_{\text{діл.}}$ - максимальна потужність ділянки, кВА.

Втрату напруги визначаємо від ТП до найбільш віддаленого споживача за формулою

$$\Delta U = \Delta U_{\text{пит}} \cdot \frac{S_{e.\text{діл.}}}{0,7} \cdot l_{\text{діл.}}, \quad (4.8)$$

де $\Delta U_{\text{пит}}$ - питома втрата напруги % / кВА·км [16]

l - довжина ділянки.

Дані розрахунків зводимо в табл. 4.2.

Таким чином відхилення напруги не виходить за межі допустимого значення - 7,5%.

Приймаємо для живлення споживачів № 9; 8; 7; 6; 5; 11 провід марки А-35, споживачів № 1; 2; 3 провід марки А-150. Для живлення проектного кормоцеху приймаємо провід марки А-150, який виконаний за схемою

подвійного підвісу. В якості нульового проводу для усіх споживачів приймаємо дріт А-35, для споживачів 4 - 11 дріт А-16.

Таблиця 4.2 – Розрахункові дані проводу напругою 0,4 кВ

№ ділянки	$S_{\text{діл}}$ кВА	$\cos\varphi_{\text{діл}}$	$S_{\text{екв}}$ кВА	L км	Марка дроту	$\Delta U_{\text{нит}}$	$\Delta U \%$	
							по ділянках	від початку лінії
1	8,7	0,75	6,1	0,04	А - 35	0,55	0,19	3,79
2	18,6	0,75	12,9	0,04	А - 35	0,55	0,6	3,6
3	25,6	0,75	17,9	0,04	А - 35	0,55	0,6	3
4	32,5	0,75	22,7	0,04	А - 35	0,55	0,7	2,4
5	2	0,75	1,4	0,27	А - 35	0,55	0,3	1,7
6	37,1	0,75	26,4	0,04	А - 35	0,55	0,8	2,2
7	50,6	0,75	35,4	0,13	А - 50	0,45	1,4	1,4
8	27,4	0,78	19,2	0,06	А - 35	0,55	0,22	4,57
9	251	0,78	157,7	0,04	А - 150	0,2	0,6	4,35
10	251,3	0,85	175,9	0,05	А - 150	0,2	1,5	3,75
11	252,5	0,85	176,7	0,03	А - 150	0,2	0,75	2,25
12	253,7	0,85	177,6	0,05	А - 150	0,2	1,5	1,5

4.2 Вибір лічильників для обліку електроенергії

Для автоматизації, контролю і обліку електроенергії і потужності підприємства пропонується застосувати електrolічильник типу SL 7000 Smart, що потрібно встановити в шафах комерційного обліку КТП.

Електричний лічильник SL 7000 Smart, обладнаний ЛУЗОД і включається в систему комерційного обліку електроенергії АСКОЕ.

4.2.1 Багатофункціональний лічильник електричної енергії серії SL7000 Smart.

Призначення лічильників серії SL7000 Smart. Багатофункціональні лічильники електричної енергії нового покоління SL7000 Smart (SL 761) являють собою повністю програмовані електронні прилади, що забезпечують, крім вимірювань споживання електричної енергії і потужності, контроль і моніторинг параметрів електричної мережі і якості електричної енергії.

Лічильники прямого та трансформаторного включення володіють розширеними функціональними можливостями, які дозволяють організовувати багатотарифний облік, автоматичне зчитування і архівацію даних вимірювань, а також декількома комунікаційними інтерфейсами для роботи у складі автоматизованих систем комерційного обліку енергоресурсів (АСКОЕ).

Завдяки застосуванню універсального джерела безперебійного живлення та плавного діапазону вимірювання, лічильники одного і того ж типу можуть бути використані на всій території, яку обслуговує енергопостачальна компанія.

Основні функціональні особливості:

- багатотарифні вимірювання активної/ реактивної енергії та потужності;
- вимірювання струму і напруги, частоти, $\cos \varphi$ та інших величин;
- висока точність і стабільність вимірювань;
- багатофункціональний дисплей з підсвічуванням;
- дистанційне або локальне зчитування даних, три комунікаційні порти, до 16 управляючих імпульсних ввідів/виводів;
- захист від несанкціонованого доступу;
- комунікаційний протокол DLMS/COSEM.

Лічильники SL 7000 Smart (SL761) виготовляються відповідно до класу точності 0,2s, 0,5s або 1,0:

- лічильник SL7000 Smart - прямого включення: клас 1,0;
- лічильник SL7000 Smart - трансформаторного включення: клас 0,2s, 0,5s, 1,0.

Лічильник SL7000 Smart має широкий діапазон номінальних струмів. Для лічильників прямого включення він складає від 5 до 120 А, для трансформаторного - від 1 до 10 А.

Міжперевірочний інтервал лічильника SL7000 Smart - 6 років.

Принцип роботи лічильників SL7000 Smart. Лічильник SL7000 Smart забезпечує вимір і обчислення великої кількості електричних параметрів за рахунок використання програмно-апаратних елементів :

- спеціалізованих метрологічних електронних схем (для змінного або постійного струму 50 або 60 Гц);
- вимірювальних трансформаторів струму (ТС) (1/2000 - для лічильників прямого і 10/2000 - для лічильників трансформаторного включення).

Три інтегровані вторинні сигнали від вимірювальних ТС лічильника і три сигнали напруги від резистивних подільників поступають в 6-ти каналний 16-ти бітовий аналогово-цифровий перетворювач (АЦП), що використовує сигма-дельта технологію і що забезпечує видачу цифрових сигналів струму і напруги кожні 0,5 мсек. Вирахуване шляхом перемножування сигналів напруги і струму значення активної і реактивної потужності і енергії (для реактивної потужності сигнали струму відповідним чином трансформуються) інтегрується приблизно кожну секунду.

Лічильник визначає фазні значення активної і реактивної енергії, I_{RMS} і U_{RMS} , зміщення струму і напруги нульової послідовності. Діючі значення напруги вимірюються кожні 40 мсек, при цьому в лічильниках 4-х провідного включення фіксуються пониження, підвищення і зникнення напруги і, якщо тривалість будь-якої з цих подій перевищує 80 мсек, в пам'яті лічильника зберігається т. н. "тимчасова мітка" і його тривалість.

Наступний етап – обчислення розрахункових фазних значень потужності - при цьому, залежно від конфігурації лічильника, використовується арифметичний або векторний методи:

$$- S = I_{RMS} \times U_{RMS} ;$$

- $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$ - цей метод дає точніші результати при малих значеннях струму навантаження.

Потім розраховуються трифазні значення енергії і потужності, кути зрушення фаз, коефіцієнти потужності і послідовність фаз.

Установка лічильників SL7000 Smart. Лічильники встановлюємо на ввіді 10 кВ КТП. Підключення усіх лічильників здійснюємо через трансформатори струму та трансформатори напруги. Схеми підключення лічильників SL7000 Smart представлені на рис. 4.2, 4.3.

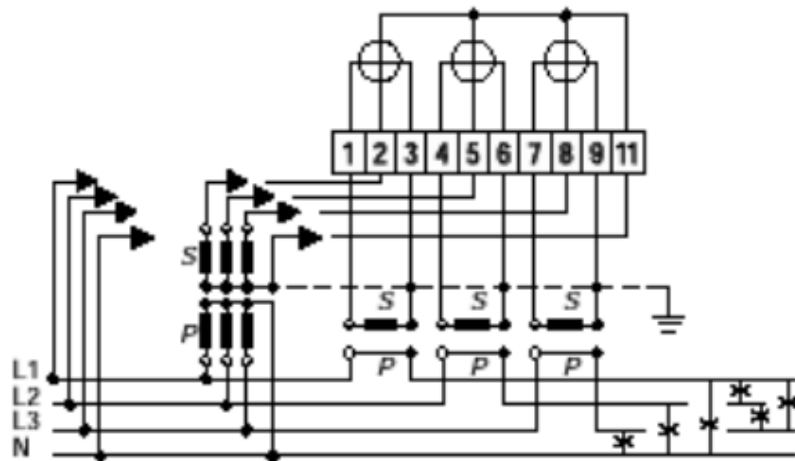


Рисунок 4.2 – Схема включення лічильника в чотирьохпровідну мережу з вимірювальними трансформаторами струму і напруги

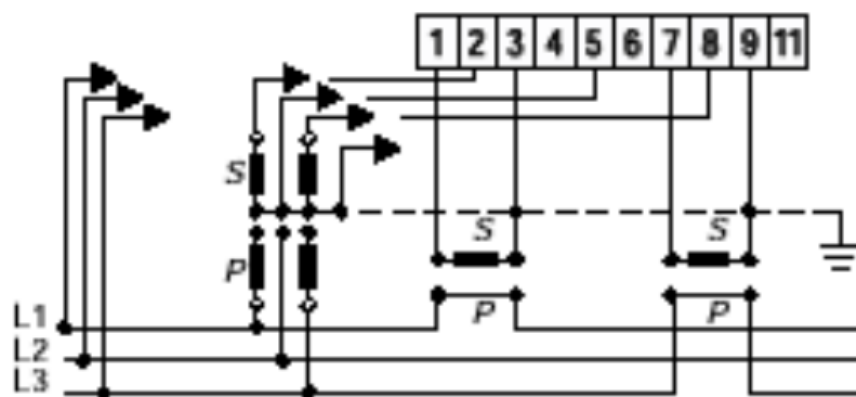


Рисунок 4.3 – Схема включення лічильника в трипровідну мережу з вимірювальними трансформаторами струму і напруги

4.3 Заходи по компенсації реактивної потужності у кормоцеху

Величина активної потужності, яка видається в мережу визначається за формулою:

$$P = \sqrt{3}S \cos \varphi = \sqrt{3}UI \cos \varphi. \quad (4.9)$$

Таким чином, кут φ між векторами струму і напруги є основним фактором, який визначає використання повної потужності джерела струму.

Якщо ми будемо знижувати величину реактивної потужності споживача, то тим самим будемо зменшувати величину струму електричної мережі, і знизимо в ній втрати напруги, потужності і електроенергії.

Тому дуже важливо, як для енергосистеми так і для електроспоживачів знижувати споживання реактивної потужності і електроенергії. При цьому підвищується коефіцієнт потужності

$$\cos \varphi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}. \quad (4.10)$$

Компенсацію реактивної потужності електроустановок здійснюють за допомогою статичних конденсаторів, які включають паралельно до електроспоживачів. Вибір компенсуючого пристрою зводиться до визначення величини реактивної потужності, що підлягає компенсації.

При груповій схемі компенсації, тобто коли установка конденсаторів зроблена на введенні до споживача, необхідно знати величину реактивної потужності Q , кВАр

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}, \quad (4.11)$$

$$Q = \sqrt{233^2 - 182^2} = 145,5 \text{ кВАр}.$$

Оскільки реактивна потужність споживачів кормоцеху перевищує нормовану 25 кВАр, то необхідна установка конденсаторної батареї.

Вибираємо конденсаторну установку типу УК-Е-04-140кВАр/5/10 (10:20:30:40:40) з номінальною потужністю $Q_{\kappa} = 140 \text{кВАр}$.

Конденсаторна установка типу УК-Е-04-140кВАр / 5/10 компенсує реактивну потужність і підвищує потужність електроустановок. Установка випускаються у вигляді електричної шафи, в якій знаходяться конденсатори, апаратура управління і вимірювання. Також є захист від короткого замикання і перенапруги.

Технічні характеристики:

- ступінь захисту - IP 20;
- номінальна напруга - 400 В;
- температура середовища - від -25°C до $+55^{\circ} \text{C}$;
- пусковий струм - $100 \times I_n$ макс;
- потужність - 140 кВАр.

Комплексні конденсаторні установки типу УК-Е-04-140кВАр / 5/10 здатні працювати повністю в автоматичному режимі, і самостійно контролювати рівень потужності в електричній мережі.

Характеристики:

- кількість ступенів регулювання – 5;
- потужність 1 ступені регулювання, кВАр – 10;

Коефіцієнт потужності після компенсації визначаємо за формулю

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{S^2 - (Q - Q_{\kappa})^2}{S^2}} \quad (4.12)$$

$$\cos \varphi = \sqrt{\frac{233^2 - (145,5 - 140)^2}{233^2}} = 0,96$$

4.4 Перевірка вибраної пускозахисної апаратури кормоцеху на автоматичне спрацьовування і селективність роботи

4.4.1 Розрахунок струмів короткого замикання

Внаслідок короткого замикання в колах виникають небезпечні для елементів мережі струми, які можуть вивести їх з ладу. Для забезпечення надійної роботи електроустаткування та пристроїв релейного захисту і автоматики (РЗіА), в електричній мережі в цілому здійснюється розрахунок струмів КЗ [18].

Струми короткого замикання (КЗ) розраховують для вибору і перевірки апаратів і струмоведучих частин на термічну і динамічну стійкість, для вибору, при необхідності, пристроїв по обмеженню цих струмів, а також для вибору і оцінки пристроїв релейного захисту. В електроустановках можуть виникати короткі замикання, які характеризуються різким підвищенням струму. Тому електрообладнання проектного цеху повинне перевірятись на дію струмів короткого замикання.

Для визначення мінімального струму однофазного короткого замикання складаємо розрахункову схему для самого віддаленого струмоприймача (рис. 4.4) і її схему заміщення (рис. 4.5).

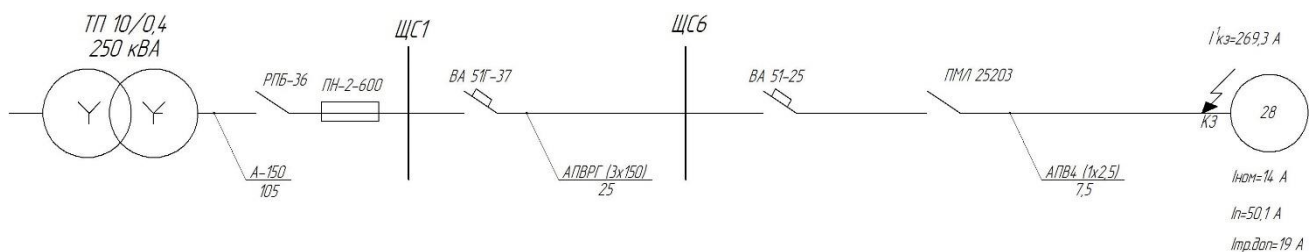


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема

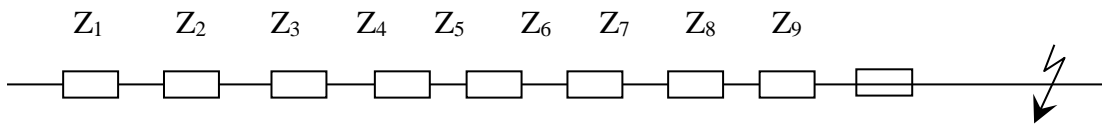


Рисунок 4.5 – Схема заміщення.

$Z_1 = Z_m$ – опір трансформатора, 0,312 Ом

Z_2 – опір повітряної лінії від ТП до введення

$$Z_2 = l_l \cdot R_{num}, \quad (4.13)$$

де l_l - довжина лінії, км

R_{num} - питомий опір, 0,197 Ом/км;

$$Z_2 = 0,105 \cdot 0,197 = 0,02 \text{ Ом},$$

Z_3 - опір рубильника РПБ, 0,0002 Ом;

Z_4 - опір лінії введення в ЩС1;

$$Z_4 = 0,001 \cdot 0,197 = 0,0002 \text{ Ом},$$

Z_5 - опір контактів ВА 51 Г-37, 0,01 Ом;

Z_6 - опір лінії введення в ЩС 6;

$$Z_6 = l_2 \cdot Z_{y\partial}.$$

де Z_{num} - питомий опір, 1,12 Ом/км;

$$Z_6 = 0,025 \cdot 1,12 = 0,028 \text{ Ом}$$

Z_7 - опір контактів ВА 51-25, 0,01 Ом;

Z_8 - опір лінії від ЩС 6 до приймача;

$$Z_8 = 0,0075 \cdot 17 = 0,12 \text{ Ом},$$

Z_9 - опір ПМЛ-25203, 0,01 Ом.

При перерізі нульового дроту, рівному перерізу фазного, повний опір кола визначається по формулі

$$Z_{\phi-o} = 1,5 \cdot \sum_{i=1}^n Z_i, \quad (4.14)$$

$$Z_{\phi-o} = 1,5 \cdot 0,51 = 0,75.$$

Струм однофазного короткого замикання визначається по формулі

$$I_{кз}^{(1)} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + Z_{\phi-o}}, \quad (4.15)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга на підстанції, 230 В;

$\frac{Z_m}{3}$ - опір струму короткого замикання однієї фази трансформатора;

$$I_{кз}^1 = \frac{230}{\frac{0,312}{3} + 0,75} = 269,3 \text{ А}.$$

Трифазний струм короткого замикання

$$I_{кз}^1 = \frac{U_{л}}{\frac{Z_m}{3} + Z_{\phi}}, \quad (4.16)$$

де U_l - лінійна напруга, 380 В;

Z_ϕ - опір однієї фази кола, 0,5

$$I_{кз}^{(3)} = \frac{380}{\frac{0,32}{3} + 0,5} = 629,1A$$

4.4.2 Перевірка ПЗА на автоматичне спрацьовування і відключаючу здатність.

Умова автоматичного спрацьовування електромагнітного розчіплювача

$$I_{кз}^{(1)} > I_{K \min \epsilon_m}, \quad (4.17)$$

де $I_{K \min \epsilon_m}$ - мінімальний допустимий струм спрацьовування електромагнітного розчіплювача.

$$I_{K \min \epsilon_m} = K_B \cdot I_{ср}, \quad (4.18)$$

де $I_{ср}$ - струм спрацьовування електромагнітного розчіплювача;

K_B - коефіцієнт кратності розкид калібрувань, що враховує, 1,4.

$$I_{K \min \epsilon_m} = 1,4 \cdot 62,6 = 87,84,$$

$$269,3 > 87,64.$$

Умова виконується.

Для теплового розчіплювача умови спрацьовування

$$I_{кз}^{(1)} > I_{K \min t.p} \quad (4.19)$$

де $I_{K \min m.p}$ - мінімально допустимий струм спрацьовування теплового розчіплювача;

$$I_{K \min m.p} = K_B \cdot I_{n.m.p} \quad (4.20)$$

де K_B - коефіцієнт кратності, 3;

$I_{n.m.p}$ - струм теплового розчіплювача, 12,5 [таблиця 1];

$$I_{K \min m.p} = 3 \cdot 12,5 = 37,5,$$

$$269,3 > 37,5.$$

Умова виконується.

Умова перевірки на відключаючу здатність

$$I_{кз}^{(1)} < I_{n.m}, \quad (4.21)$$

де $I_{n.m}$ - гранично відключаючий струм автоматичного вимикача ВА 51-25, 5000 А.

$$629,1 < 5000$$

Для визначення селективності роботи пускозахисної апаратури будемо карту селективності (рис. 4.6).

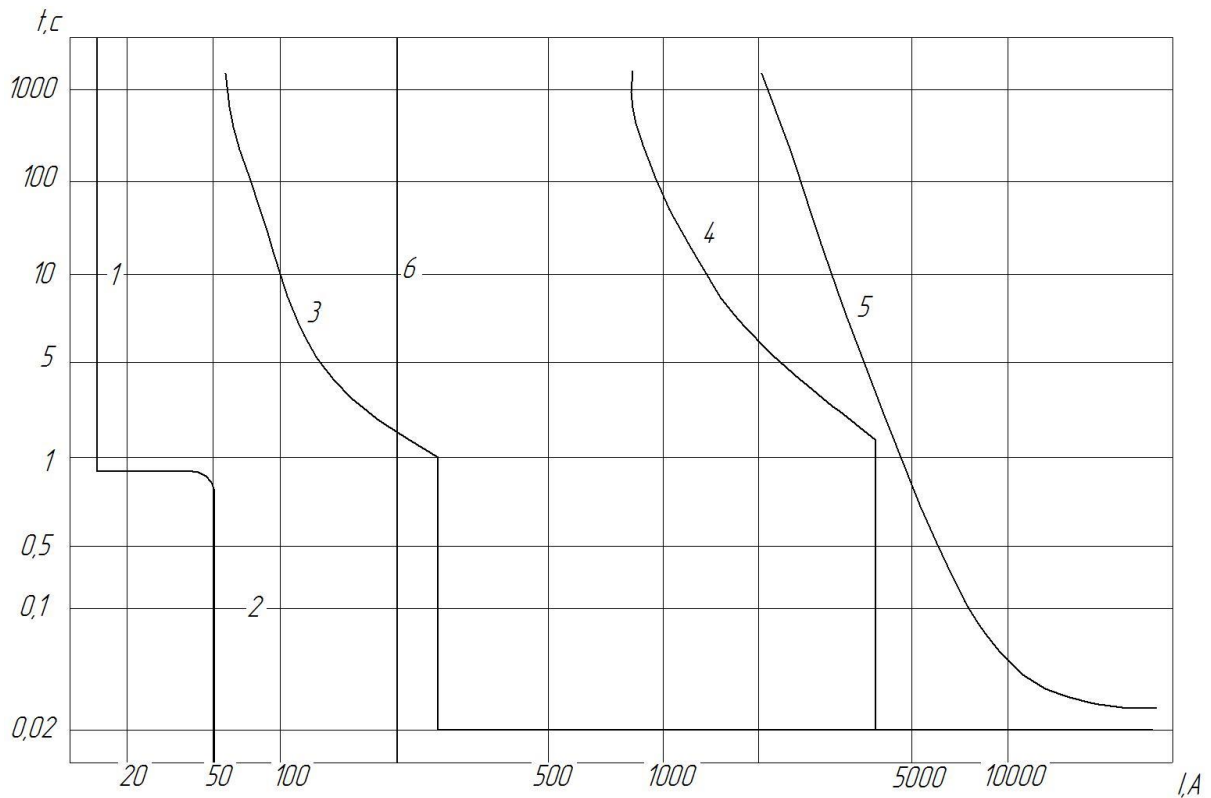


Рисунок 4.6– Карта селективності спрацювання захисної апаратури для кормоцеху: 1 – номінальний струм двигуна, 2 – пусковий струм двигуна, 3 – характеристика автомату ВА51-25, 4 – характеристика автомату ВА51Г-37, 5 – захисна характеристика плавкої вставки ПН-2, 6 – струм КЗ в точці к.з.

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Інтегрована модель графіка електричного навантаження кормоцеху з врахуванням споживачів-регуляторів

Споживачі-регулятори приймають участь в технологічному процесі, і є в групі подібних установок. В якості споживачів-регуляторів кормоцеху вибрано групу потужних споживачів (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Група споживачів-регуляторів кормоцеху

№ЕП	Найменування	P_n , кВт	Кількість, шт	$\sum P_n$, кВт	K_v	$P_{сзм}$, кВт
17, 18	Блок розмелювально- змішувальний ОЦК-4	75	2	150	0,5	75
21	Обладнання для гранулювання	98	1	98	0,6	58,8
Σ		173	3	248		133,8

В результаті сукупного аналізу формалізації графіка електричного навантаження і формалізації процесу управління споживачами-регуляторами можна зробити висновок про доцільність об'єднання даних моделей в інтегровану модель оптимізації добового графіка електричного навантаження (рисунок 5.1).

Для утворення інтегрованої оптимізаційної моделі графіка електричного навантаження необхідно дослідити параметри ієрархічного зв'язку (рисунок 5.1) між моделями різних рівнів.

Ієрархічний зв'язок між моделями графіка електричного навантаження підприємства і управління споживачем-регулятором полягає в створенні такого режиму роботи споживачів-регуляторів, при якому отримуємо оптимальність критеріїв інтегрованої моделі.

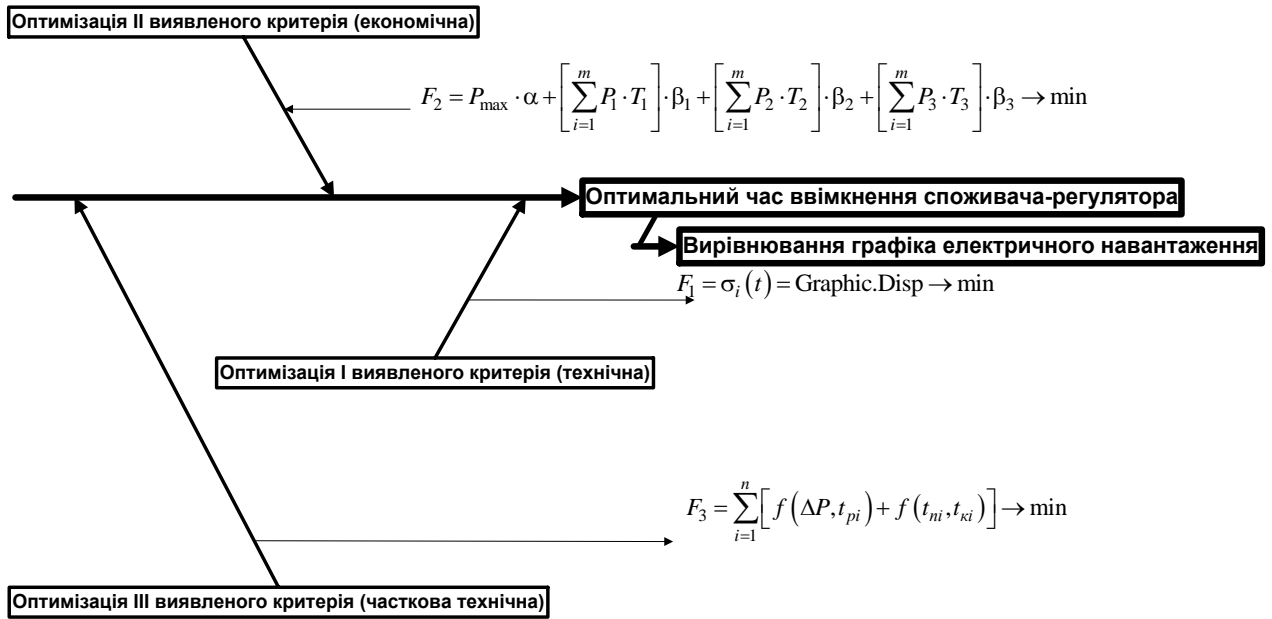


Рисунок 5.1 – Інтегрована модель оптимізації добового графіка електричного навантаження.

До критеріїв інтегрованої моделі слід перш за все, у відповідності з пріоритетністю параметрів оптимізації процесу споживання електричної енергії в цілому, віднести отримані критерії моделі графіка електричного навантаження (рисунок 5.1):

1. Економічний критерій оптимальності графіка електричного навантаження;
2. Технічний критерій оптимальності графіка електричного навантаження;

Враховуючи вимогу використання диференційованого тарифу, необхідно забезпечити щоб робота наших установок-регуляторів на максимальній або близькій до неї потужності не здійснювалась в час пік, визначений параметрами диференційованого тарифу. Цього можна досягнути ввівши в модель графіка електричного навантаження додатковий критерій (рисунок 5.1).

Суть даного критерію полягає в максимально можливому забезпеченні роботи споживача-регулятора не в години піку і по можливості напівпіку, визначені параметрами диференційованого тарифу.

Технічно таке забезпечення можливе лише за умови повного переносу часу роботи споживача-регулятора в період нічного провалу, що визначений параметрами диференційованого тарифу. Така зміна роботи споживача-регулятора не доцільна, оскільки призведе до значних зрушень параметрів технологічного процесу, підвищення заробітної плати працівникам, необхідності побудови додаткових складських приміщень; що в результаті призведе до затрат, які в декілька разів перевищать економічний ефект від регулювання добового графіка.

Отже необхідно побудувати додатковий критерій як систему логічних компромісів і обмежень, функціональність яких визначається групою експертів чи експертом. Основні завдання даного критерію полягають в наступному:

1. Період роботи установок-регуляторів не повинен збігатись з часом пік диференційованого тарифу;
2. Період роботи установок-регуляторів установок може збігатись з часом пік диференційованого тарифу, але даний збіг є не бажаним.

Результуюча інтегрована модель оптимізації графіка електричного навантаження з врахуванням параметрів технічного циклу споживача-регулятора, дає змогу управляти навантаженням комплексно, об'єднати в процесі управління різні ієрархічні рівні ЕЕС, що дозволить значно спростити процес управління і об'єднати об'єкт і технічний засіб оптимізації.

5.2 Дослідження графіка електричного навантаження кормоцеху

Згідно добового графіка електричного навантаження кормоцеху, що зображений на рисунку 5.2, проаналізуємо ефективність електроспоживання підприємством за допомогою показників графіка електричного навантаження. Графік навантаження кормоцеху має яскраво виражену нерівномірність: провал споживання у нічній зоні та пікове споживання потужності у години піку енергосистеми.

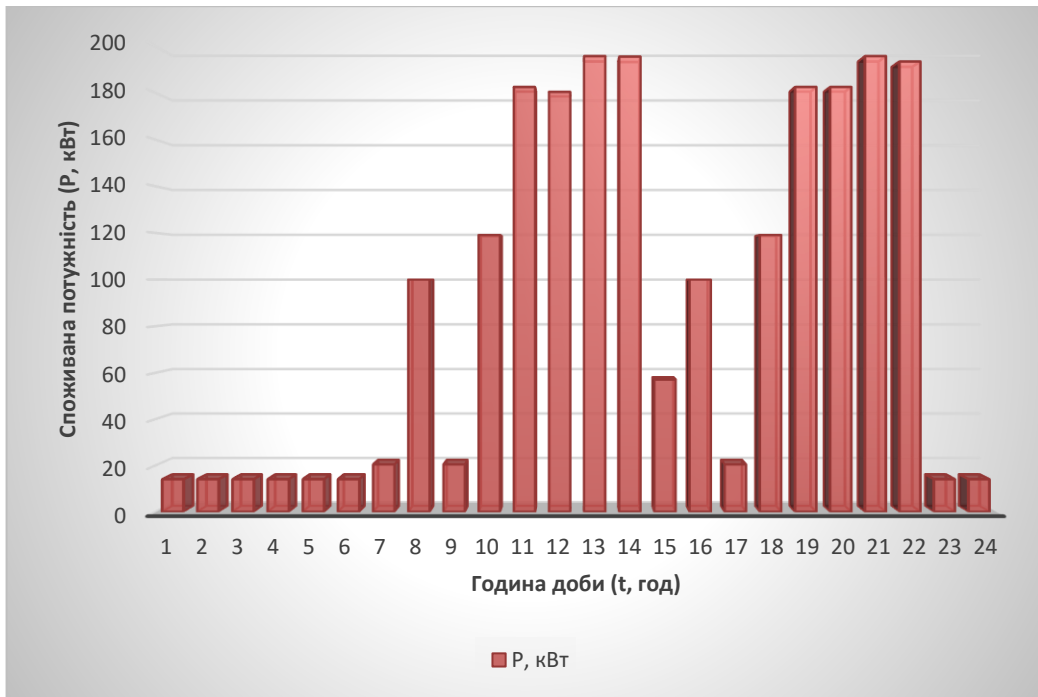


Рисунок 5.2 – Добовий графік споживання електричної енергії кормоцехом

Тарифи на електричну енергію, диференційовані за періодами часу та тарифні зони, наведені в таблиці 5.2. та таблиці 5.3. Обчислимо показники добового графіка навантаження кормоцеху за формулами (2.1-2.14) з допомогою програми Excel (рис. 5.3).

Таблиця 5.2 – Межі застосування зон тризонних тарифів, диференційованих за періодами часу (крім населення)

Сезон	Зона					
	Пікова		Напівпікова			Нічна
січень, лютий, листопад, грудень	8 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	17 ⁰⁰ -21 ⁰⁰	6 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	10 ⁰⁰ -17 ⁰⁰	21 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ -6 ⁰⁰
березень, квітень, вересень, жовтень	8 ⁰⁰ -10 ⁰⁰	18 ⁰⁰ -22 ⁰⁰	6 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	10 ⁰⁰ -18 ⁰⁰	22 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	23 ⁰⁰ -6 ⁰⁰
травень, червень, липень, серпень	8 ⁰⁰ -11 ⁰⁰	20 ⁰⁰ -23 ⁰⁰	7 ⁰⁰ -8 ⁰⁰	11 ⁰⁰ -20 ⁰⁰	23 ⁰⁰ -24 ⁰⁰	24 ⁰⁰ -7 ⁰⁰

Таблиця 5.3 – Рівень ставок тарифів, диференційованих за періодами часу

Період часу	Нічний	Денний	Напівпіковий	Піковий
1. Тризонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,35	-	1,02	1,68
Тривалість періоду, год.	7	-	11	6
1. Двохзонні тарифи, диференційовані за періодами часу				
Тарифні коефіцієнти	0,4	1,5	-	-
Тривалість періоду, год.	8	16	-	-

Тарифна зона (тризонний тариф)	t, год	P, кВт	ΔP	ΔP^2	Тарифна зона (двохзонний тариф)	Показники	
						Рс, кВт	Рмін, кВт
нічна	1	14,1	-76,6	5873,9	Рніч 112,8	Рс, кВт	90,74
	2	14,1	-76,6	5873,9		Рмін, кВт	14,10
	3	14,1	-76,6	5873,9		Ртах, кВт	195,70
	4	14,1	-76,6	5873,9		Рспік, кВт	133,38
	5	14,1	-76,6	5873,9		Рснп, кВт	114,97
напівпікова	6	14,1	-76,6	5873,9	Рден 2065	Рснч, кВт	14,10
пікова	7	20,5	-70,2	4933,9		Рпік, кВт	800,30
	8	100	9,3	85,7		Рнп, кВт	1264,70
напівпікова	9	20,5	-70,2	4933,9		Рніч, кВт	98,70
	10	119,1	28,4	804,2		Рск ²	5897,82
	11	182,5	91,8	8419,6		DP	76,80
	12	180,4	89,7	8038,6		Кф	0,85
	13	195,7	105,0	11016,3		Км	2,16
	14	195,5	104,8	10974,3		Кз	0,46
	15	57,1	-33,6	1131,8		Кн	0,07
	16	100	9,3	85,7			
пікова	17	20,5	-70,2	4933,9			
	18	119,1	28,4	804,2			
	19	182,5	91,8	8419,6			
	20	182,5	91,8	8419,6			
напівпікова	21	195,7	105,0	11016,3			
нічна	22	193,4	102,7	10538,7			
	23	14,1	-76,6	5873,9			
	24	14,1	-76,6	5873,9			
Σ		2177,8		141547,8			

Рисунок 5.3 – Розрахунки параметрів графіка електричного навантаження кормоцеху

Як видно з показників графіка електричного навантаження (рис. 5.3) графік є далеко не оптимальним. Він відзначається високим споживанням електроенергії в час пік і напівпік. Дисперсія графіка електричного навантаження є досить значною і коефіцієнт форми набагато менший за одиницю, що свідчить про достатню нерівномірність графіка електричного навантаження, з яскраво вираженим максимумом про що свідчить коефіцієнт максимуму.

Оптимізуємо роботу групи споживачів-регуляторів кормоцеху з врахуванням технологічного процесу та скорегуємо таким чином піки споживання електроенергії протягом доби (рис 5.4).

Тарифна зона	t, год	P, кВт	Оптимізація	ΔP	ΔP^2	двоближний тариф	Показники	
нічна	1	189,3	175,2	98,56	9713,75	Рніч 1076,4	Рс, кВт	90,74
	2	187	172,9	96,26	9265,67		Рмін, кВт	14,10
	3	20,5	6,4	-70,24	4933,89		Рмах, кВт	189,30
	4	100	85,9	9,26	85,72		Рспік, кВт	55,62
	5	95,5	81,4	4,76	22,64		Рснп, кВт	80,62
напівпікова	6	119,1	105	28,36	804,20	Рден 1101,4	Рсніч, кВт	136,76
	7	123,5	103	32,76	1073,11		Рпік, кВт	333,70
пікова	8	121,4	21,4	30,66	939,93		Рнп, кВт	886,80
	9	136,7	116,2	45,96	2112,17		Рніч, кВт	957,30
напівпікова	10	120,5	1,4	29,76	885,56		Рск ²	3349,09
	11	79,5	-103	-11,24	126,38		DP	57,87
	12	79,5	-100,9	-11,24	126,38		Кф	0,64
	13	79,5	-116,2	-11,24	126,38		Км	2,09
	14	20,5	-175	-70,24	4933,89		Кз	0,48
	15	25,1	-32	-65,64	4308,83		Кн	0,07
	16	41	-59	-49,74	2474,23			
пікова	17	79,5	59	-11,24	126,38			
	18	20,5	-98,6	-70,24	4933,89			
	19	20,5	-162	-70,24	4933,89			
	20	20,5	-162	-70,24	4933,89			
напівпікова	21	14,1	-181,6	-76,64	5873,95			
	22	119,1	-74,3	28,36	804,20			
нічна	23	182,5	168,4	91,76	8419,59			
	24	182,5	168,4	91,76	8419,59			
Σ		2177,8	0		80378,08			

Рисунок 5.4 – Розрахунки параметрів графіка електричного навантаження кормоцеху після оптимізації

Як можемо бачити з розрахунків, параметри добового графіка після оптимізації змінилися: дисперсія графіка електричного навантаження зменшилася, зменшився коефіцієнт максимуму, та збільшився коефіцієнт заповнення, що свідчить про вирівнювання нерівномірності графіка електричного навантаження. Оптимізацію добового графіка навантаження кормоцеху на основі оптимізаційних впливів моделі показано на рис. 5.5.

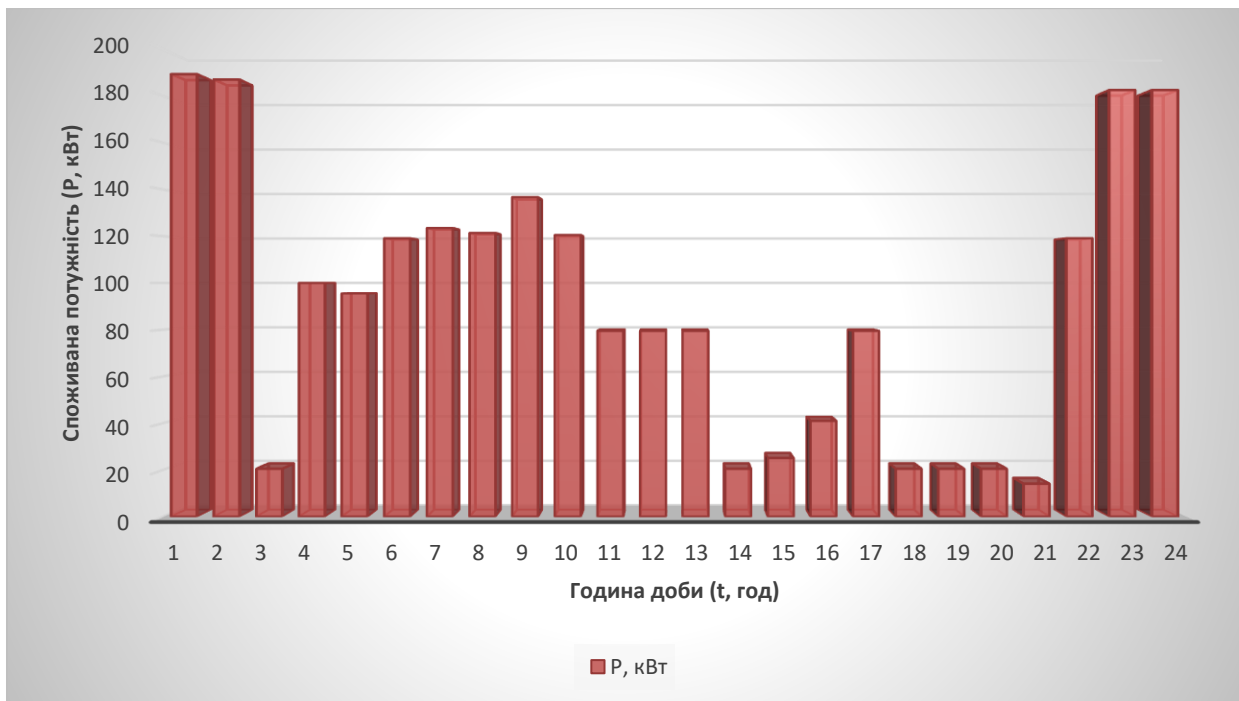


Рисунок 5.5 – Можлива зміна добового графіка навантаження інструментального цеху на основі оптимізаційних впливів

Застосування даної методики, призведе приблизно до 24,6% оптимізації основного критерія:

$$\Delta DP = DP_1 - DP_2 = 76,8 - 57,9 = 18,9 \text{ кВт} \approx 24,6\%$$

5.3 Порівняння показників графіка електричного навантаження кормоцеху до і після блоку оптимізації

Порівняння показників графіка електричного навантаження виробничої системи кормоцеху до оптимізації і плановані показники після блоку оптимізації наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Порівняння показників графіка електричного навантаження кормоцеху

Показник до оптимізації	Показник після оптимізації	Коментар
1	2	3
Середнє значення потужності:		
90,74	90,74	–
Мінімум потужності:		
14,1	14,1	–
Максимум потужності:		
195,7	189,3	Зменшився
Середнє значення потужності за піковий період:		
133,4	55,6	Середнє значення потужності за піковий період зменшилося вдвічі
Середнє значення потужності за напівпіковий період:		
114,97	80,62	Середнє значення потужності за напівпіковий період зменшилося
Середнє значення потужності за нічний період:		
14,1	136,76	Оптимальний час роботи споживача-регулятора в даних умовах нічний період
Споживання електричної енергії за піковий період:		
800,3	333,7	Зменшилося
Споживання електричної енергії за напівпіковий період:		
1264,7	886,8	Зменшилося

Продовження таблиці 5.4

1	2	3
Споживання електричної енергії за нічний період:		
98,7	957,3	Суттєво збільшилося
Середньоквадратичне значення потужності:		
5897,8	3349,1	Здійснилась оптимізація даного показника
Дисперсія значень потужності:		
76,8	57,87	Дисперсія зменшилась на 26,4 % внаслідок доцільного регулювального впливу.
Коефіцієнт форми графіка:		
0,85	0,64	Зменшився
Коефіцієнт максимуму графіка:		
2,16	2,09	Загальна нерівномірність графіка зменшилась
Коефіцієнт заповнення графіка		
0,46	0,48	Збільшився, відбулося незначне вирівнювання графіка
Коефіцієнт нерівномірності		
0,07	0,07	-

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічна ефективність роботи кормоцеху при різних тарифних системах (диференційованих по зонах доби) оплати електричної енергії

Мінімізація дисперсії графіка електричного навантаження (технічний критерій

:

$$F_1 = \sigma_i^2(t) \rightarrow \min. \quad (6.1)$$

При розрахунку за спожиту електричну енергію згідно триставкового тарифу диференційованого по зонах доби:

$$F_2 = P_{\max} \cdot \alpha + \left[\sum_{i=1}^m P_1 \cdot T_1 \right] \cdot \beta_1 + \left[\sum_{i=1}^m P_2 \cdot T_2 \right] \cdot \beta_2 + \left[\sum_{i=1}^m P_3 \cdot T_3 \right] \cdot \beta_3 \rightarrow \min, \quad (6.2)$$

де $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – тарифи за електричну енергію відповідно в пікову, напівпікову та нічні зони, грн/(кВт·год);

P_1, P_2, P_3 – потужність, яка споживається відповідно в пікову, напівпікову та нічну зони, кВт;

T_1, T_2, T_3 – час роботи установок відповідно в пікову, напівпікову та нічну зони, год;

α – плата за заявлений максимум енергосистемі, грн/кВт;

P_{\max} – максимум електричного навантаження, кВт.

При розрахунку за спожиту електричну енергію згідно одноставкового тарифу диференційованого по зонах доби:

$$F_2 = \left[\sum_{i=1}^m P_1 \cdot T_1 \right] \cdot \beta_1 + \left[\sum_{i=1}^m P_2 \cdot T_2 \right] \cdot \beta_2 + \left[\sum_{i=1}^m P_3 \cdot T_3 \right] \cdot \beta_3 \rightarrow \min, \quad (6.3)$$

В загальному випадку функцію економічної ефективності можна записати у вигляді (6.2) з врахуванням наступного:

- якщо підприємство розраховується за двоставковим тарифом, диференційованим по зонах доби – функція лишається без змін;
- якщо підприємство розраховується за одноставковим тарифом, диференційованим по зонах доби, необхідно покласти $\alpha = 0$;
- підприємство розраховується за двоставковим тарифом, необхідно покласти $\beta_2 = 0, \beta_3 = 0$ і прийняти P_1, T_1 – параметрами всього часу фіксації споживання;
- підприємство розраховується за одноставковим тарифом, необхідно покласти $\alpha = 0, \beta_2 = 0, \beta_3 = 0$ і прийняти P_1, T_1 – параметрами всього часу фіксації споживання.

Мінімізація втрат, так як частина споживачів може працювати з певними втратами на пониженій потужності чи мати великий інтервал роботи, тобто втрати споживача-регулятора можна розглянути як функцію [17]:

$$F_3 = \sum_{i=1}^n \left[f(\Delta P, t_{pi}) + f(t_{ni}, t_{ki}) \right] \rightarrow \min. \quad (6.4)$$

де $f(\Delta P, t_{pi})$ – функція збитків при роботі споживача-регулятора в режимі зменшеної потужності на ΔP на протязі часу t_{pi} ;

$f(t_{ni}, t_{ki})$ – функція збитків при зміні часового інтервалу (t_{ni}, t_{ki}) роботи споживача-регулятора

Третій критерій оптимізації (6.4) доцільно використати при побудові моделі споживача-регулятора, оскільки він стосується лише його (він не є глобальним).

Одноставковий тариф.

Добове споживання електроенергії

$$W_o = 2178 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої за добу електроенергії за простим одноставковим тарифом при тарифі C_0 становить

$$C_{\delta} = C_0 \cdot W_{\delta}, \quad (6.5)$$

де C_0 – тариф на електроенергію, *грн./кВт·год.* ($C_0 = 2,89$ *грн./кВт·год.*).

$$C_{\delta} = 2,89 \cdot 2178 = 6294,4 \text{ грн.},$$

Вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим тарифом визначається рівнянням

$$C'_{\delta} = \sum C_i \cdot W_i, \quad (6.6)$$

де C_i , W_i - відповідно, тариф та кількість спожитої електричної енергії у відповідній зоні.

Двохзонний тариф.

Нічна зона.

Вартість спожитої електроенергії в нічний час

$$C'_{\text{ніч}} = C_{\text{ніч}} \cdot W_{\text{ніч}}, \quad (6.7)$$

де $C_{\text{ніч}}$ тариф на електроенергію в нічний час

$$C_{\text{ніч}} = k_{\text{ніч}} \cdot C_0, \quad (6.8)$$

$$C_{\text{ніч}} = 0,4 \cdot 2,89 = 1,156 \text{ грн. / кВт} \cdot \text{год.}$$

де $k_{\text{ніч}}$ - тарифний коефіцієнт для нічної зони (табл. 5.3), $k_{\text{ніч}} = 0,4$.

$W_{\text{ніч}}$ – кількість спожитої електричної енергії у нічній зоні

$$W_{\text{ніч}} = P_{\text{ніч}} \cdot t_{\text{ніч}}, \quad (6.9)$$

$$W_{ніч} = 112,8 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

де $P_{ніч}$ - потужність електроспоживачів нічної зони, кВт ;

$t_{ніч}$ - тривалість роботи електроспоживачів нічної зони (табл. 5.3), год. ,

$$t_{ніч} = 8 \text{ год}.$$

$$C'_{ніч} = 1,156 \cdot 112,8 = 130,4 \text{ грн}.$$

Денна зона

Вартість спожитої електроенергії в денний час

$$C'_{ден} = C_{ден} \cdot W_{ден}, \quad (6.10)$$

де $C_{ден}$ - тариф на електроенергію в денний час, $\text{грн./кВт} \cdot \text{год}$;

$$C_{ден} = k_{ден} \cdot C_0, \quad (6.11)$$

$$C_{ден} = 1,5 \cdot 2,89 = 4,34 \text{ грн./кВт} \cdot \text{год}.$$

де $k_{ден}$ - тарифний коефіцієнт для зони В (табл. 5.3), $k_{ден} = 1,5$.

$W_{ден}$ - кількість спожитої електричної енергії у денній зоні, $\text{кВт} \cdot \text{год}$.

$$W_{ден} = P_{ден} \cdot t_{ден}, \quad (6.12)$$

$$W_{ден} = 2065 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

де $P_{ден}$ - потужність електроспоживачів денної зони, кВт ;

$t_{ден}$ - тривалість роботи електроспоживачів денної зони (табл. 5.3), год. , $t_{ден} = 16 \text{ год}$.

$$C'_{ден} = 4,34 \cdot 2065 = 8962 \text{ грн}.$$

Отже, вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим двозонним тарифом

$$C'_d = C'_{ніч} + C'_{ден} = 130,4 + 8962 = 9092,5 \text{ грн.}$$

Добова економія вартості спожитої електроенергії від переходу на двохзонний тариф складе

$$\Delta C_d = C_d - C'_d \quad (6.13)$$

$$\Delta C_d = 6294,4 - 9092,5 = -2798 \text{ грн.}$$

Двохзонний тариф є збитковим для кормоцеху при існуючому місячному графіку споживання електроенергії.

Тризонний тариф.

Зона нічна.

Тариф на електроенергію в нічний час за (6.8), $k_{ніч} = 0,35$.

$$C_{ніч} = 0,35 \cdot 2,89 = 1,0115 \text{ грн./кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у нічній зоні за (6.9) $t_{ніч} = 7 \text{ год.}$

$$W_{ніч} = 98,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в нічний час за (6.7)

$$C_{ніч} = 1,0115 \cdot 98,7 = 99,8 \text{ грн.}$$

Напівпікова зона.

Тариф на електроенергію в напівпіковий час за (6.8), $k_{нп} = 1,02$.

$$C_{нп} = 1,02 \cdot 2,89 = 2,9478 \text{ грн./кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у напівпіковій зоні за (6.9)

$$t_{нп} = 11 \text{ год.}$$

$$W_{нп} = 1264,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в напівпіковий час за (6.7)

$$C_{нп} = 2,9478 \cdot 1264,7 = 3730,8 \text{ грн.}$$

Пікова зона.

Тариф на електроенергію в піковий час за (6.8), $k_{пк} = 1,68$.

$$C_{пк} = 1,68 \cdot 2,89 = 4,8552 \text{ грн./кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у піковій зоні за (6.9)

$$t_{\text{пик}} = 6 \text{ год.}$$

$$W_{\text{пик}} = 800,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в нічний час за (6.7)

$$C_{\text{пик}} = 4,8552 \cdot 800,3 = 3885,6 \text{ грн.}$$

Отже, вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим тарифом тризонни

$$C'_{\text{д}} = C_{\text{ніч}} + C_{\text{дн}} + C_{\text{пик}} = 99,8 + 3730,8 + 3885,6 = 7716,2 \text{ грн.}$$

Добова економія вартості спожитої електроенергії від переходу на гнучкий тризонний тариф за формулою (6.13) складе

$$\Delta C_{\text{д}} = 6294,4 - 7716,2 = -1421,8 \text{ грн.}$$

Тризонний тариф є також збитковим для кормоцеху при існуючому місячному графіку споживання електроенергії.

Двохзонний тариф після оптимізації добового графіка навантажень.

Нічна зона.

Тариф на електроенергію в нічний час за (6.8)

$$C_{\text{ніч}} = 0,4 \cdot 2,89 = 1,156 \text{ грн. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у нічній зоні

$$W_{\text{ніч}} = 1076,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в нічний час за формулою (6.7)

$$C'_{\text{ніч}} = 1,156 \cdot 1076,4 = 1244 \text{ грн.}$$

Денна зона.

Тариф на електроенергію в денний час за формулою (6.8)

$$C_{\text{ден}} = 1,5 \cdot 2,89 = 4,34 \text{ грн. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у денній зоні

$$W_{\text{ден}} = 1101,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в денний час за формулою (6.7)

$$C'_{\text{ден}} = 4,34 \cdot 1101,4 = 4780,1 \text{ грн.}$$

Отже, вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим двозонним тарифом

$$C'_{\delta} = C'_{ніч} + C'_{ден} = 1244 + 4780,1 = 6024,1 \text{ грн.}$$

Добова економія вартості спожитої електроенергії від переходу на двозонний тариф складе за (6.1)

$$\Delta C_{\delta} = 6294,4 - 6024,1 = 270,3 \text{ грн.}$$

Двизонний тариф після оптимізації добового графіка є прибутковим для підприємства.

Тризонний тариф після оптимізації добового графіка навантажень.

Зона нічна.

Тариф на електроенергію в нічний час за (6.8), $k_{ніч} = 0,35$.

$$C_{ніч} = 0,35 \cdot 2,89 = 1,0115 \text{ грн. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у нічній зоні за (6.9) $t_{ніч} = 7 \text{ год.}$

$$W_{ніч} = 957,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в нічний час за (6.7)

$$C_{ніч} = 1,0115 \cdot 957,3 = 968,3 \text{ грн.}$$

Напівпікова зона.

Тариф на електроенергію в напівпіковий час за (6.8), $k_{нп} = 1,02$.

$$C_{нп} = 1,02 \cdot 2,89 = 2,9478 \text{ грн. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у напівпіковій зоні за (6.9)

$$W_{нп} = 886,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість спожитої електроенергії в напівпіковий час за (6.7)

$$C_{нп} = 2,9478 \cdot 886,8 = 2614 \text{ грн.}$$

Пікова зона.

Тариф на електроенергію в піковий час за (6.8), $k_{пик} = 1,68$.

$$C_{пик} = 1,68 \cdot 2,89 = 4,8552 \text{ грн. / кВт} \cdot \text{год.}$$

Кількість спожитої електричної енергії у піковій зоні за (6.9)

$$W_{нік} = 333,7 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Вартість спожитої електроенергії в нічний час за (6.7)

$$C_{нік} = 4,8552 \cdot 333,7 = 1620,9 \text{ грн}.$$

Отже, вартість спожитої за добу електроенергії за гнучким диференційованим тарифом тризонним

$$C'_{\delta} = C_{ніч} + C_{дн} + C_{нік} = 968,3 + 2614,1 + 1620,2 = 5202,6 \text{ грн}.$$

Добова економія вартості спожитої електроенергії від переходу на гнучкий тризонний тариф за формулою (6.1) складе

$$\Delta C_{\delta} = 6294,4 - 5202,6 = 1091,8 \text{ грн}.$$

Тризонний тариф є більш прибутковим при оптимізації добового графіка навантаження цеху.

Отже, економія коштів за рік (353 – кількість робочих днів на підприємстві) складе

$$\Delta C_p = \Delta C_{\delta} \cdot 353 \tag{6.14}$$

$$\Delta C_p = 1091,8 \cdot 353 = 385412 \text{ грн}.$$

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Заходи безпеки при роботі кормоцеху ТОВ “Агрокорм”

Необхідно проводити заходи з охорони праці на робочому місці[16]:

- особа, що проводить інструктаж повинна знати загальні відомості про технологічний процес і обладнання на цьому робочому місці;
- дотримуватися заходів безпеки;
- організувати безпеку на робочому місці;
- перевірити справність устаткування, пускових приладів, інструменту і пристосувань, блокувань, заземлення і інших засобів захисту;
- при виникненні небезпечної ситуації, виявити витримку, точність дії і правильне виконання правил;
- забороняється самостійно робити наладку ПЗА, а також її ремонт.

При виявленні в процесі роботи неполадок і дефектів електроустаткування відразу повідомити чергового електрика.

У разі виникнення аварійного режиму роботи, необхідно негайно знеструмити ділянку установки, і при необхідності усю потокову лінію до повного усунення дефекту.

Забороняється допускати до управління технологічними процесами сторонніх осіб.

Необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки, які включають:

- відповідальність за пожежну безпеку на кожній ділянці, цеху покладається на керівника цього підрозділу;
- працівники підприємства зобов'язані виконувати правила пожежної безпеки, а також уміти користуватися протипожежним інвентарем у випадку виникненні пожежі;

- відповідальний за пожежну безпеку зобов'язаний стежити, щоб проходи, дороги, проїзди, під'їзні шляхи до джерела води і місць розташування пожежного інвентарю і обладнання були вільні для руху, а пожежна сигналізація була доступна;

- промаслені ганчірки, обтиральний матеріал повинні зберігатися в металевих ящиках з кришками, що закриваються;

- у разі займання горючих рідин полум'я гасять вогнегасником, закидають піском, накривають повстю. Заливати полум'я водою забороняється;

- цехи, гаражі, склади, заправні пункти, виробничі ділянки, згідно з нормами, обладнуються протипожежним інвентарем. Протипожежний інвентар допускається використовувати тільки за прямим призначенням;

- територія, виробничі і службові приміщення, складські і допоміжні приміщення повинні постійно міститися в чистоті і систематично очищатися від горючих відходів виробництва;

- спалювати сміття на території підприємства забороняється. Усе сміття, що згорає, і відходи виробництва вивозяться на міське звалище;

- двері евакуаційних виходів повинні відкриватися тільки в напрямленні з будівлі, ні чим не загороджуватися і не закриватися;

- у виробничих складських приміщеннях з наявністю горючих і легкозаймистих матеріалів електричні світильники встановлюють в захисному або герметичному виконанні.

При експлуатації електроустановок забороняється:

- використовувати кабель або дріт з ізоляцією, що має ушкодження або втратив в процесі виробництва захисні або ізоляційні властивості;

- застосовувати для опалювання приміщення нестандартні нагрівальні прилади;

- залишати під напругою кабелі і дроти з неізольованими кінцями, користуватися несправними розетками та іншими несправними і саморобними виробами;

- після закінчення робочого дня електроустановки в приміщеннях, що не мають чергового персоналу, повністю відключаються. Під напругою можуть залишатися тільки електроустановки безперервно діючого технологічного устаткування;

- у випадку виникнення пожежі у виробничому приміщенні вентиляційну систему необхідно вимкнути;

На територіях складів легкозаймистих і горючих рідин забороняється:

- паління, а також застосування відкритого вогню для освітлення і відігрівання частин апаратури, трубопроводів, що завмерли;

- користуватися інструментами і обладнанням з металів, що можуть викликати появу іскри;

- в'їзд автотранспорту, не обладнаного іскрогасниками і засобами пожежогасіння.

При роботі в кормоцеху забороняється:

- розводити вогнища на території підприємства;

- встановлювати у виробничих приміщеннях машини, що мають протікання у баках або паливо проводах;

- зберігати в загальних складах фарби, лаки, кислоти, карбід кальцію;

- закривати вихід з виробничих приміщень;

- палити у виробничих приміщеннях і на робочому місці; палити можна тільки в спеціально відведених для цього місцях, відмічених написами : «Місце для паління» і обладнаними урнами або бочками з водою;

- залишати технологічну лінію тільки після повної зупинки;

Після закінчення роботи уважно оглянути надійність кріплення частин, що обертаються, при необхідності підтягнути їх. Періодично перевіряти кріплення занулюючих і заземлюючих дротів.

Покидаючи цех залишити увімкненим тільки чергове освітлення.

7.2 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення - спеціальне з'єднання із землею металевих частин обладнання, що не знаходяться під напругою в звичайних умовах, але які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції електрообладнання.

Основна мета захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом при виникненні напруги на конструктивних частинах електрообладнання тобто при "замиканні на корпус".

Принцип роботи захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг доторку та кроку, зумовлених "замиканням на корпус". Це досягається зменшенням потенціалу заземленого обладнання, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу основи, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького по величині до потенціалу заземленого обладнання.

Застосовують захисне заземлення у трифазних колах з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю і більше 1000 В з любым режимом нейтралі.

Відповідно до ПУЕ, опір захисного заземлення в любую пору року не повинен перевищувати 4 Ом в установках із напругою до 1000 В, але якщо потужність джерела струму (генератора або трансформатора) менше 100 кВ·А тоді опір заземлення допускається 10 Ом. Для установок із напругою вище 1000 В та з великими струмами замикання на землю (більше 500 А) опір заземлення не повинен перевищувати 0,5 Ом.

Згідно п. 1.7.62. [16] заземляючи пристрої в електричних установках напругою до 1 кВ при потужності ТП більше 100 кВА повинні мати опір заземлення не більше 4 Ом.

При розробці конструкції заземлення передбачається спорудити контур із зовнішньої сторони будівлі і додатково використати водогін з опором $R_{\Pi} = 9 \text{ Ом}$.

Матеріал – круга сталь діаметром $d = 20 \text{ мм}$. Заглиблення верхніх кінців електродів $h = 0,7 \text{ м}$.

Розрахункові питомі опори ґрунту

$$\rho_{\text{в}} = \rho_{\text{табл}} \cdot K_{\text{с.в}}, \quad (7.1)$$

$$\rho_{\text{в}} = 90 \cdot 1,5 = 135 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

$$\rho_{\text{г}} = \rho_{\text{табл}} \cdot K_{\text{с.г}}, \quad (7.2)$$

$$\rho_{\text{г}} = 90 \cdot 2,2 = 198 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

де $\rho_{\text{табл}} = 90 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – питомий опір ґрунту (т. 7.2, [16]),

$K_{\text{с.в}} = 1,5$ – коефіцієнт сезонності для вертикальних заземлювачів [16].

$K_{\text{с.г}} = 2,2$ – коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлювача [16].

Опір штучного заземлення з врахуванням водогону

$$\frac{1}{R_{\text{р.ш}}} = \frac{1}{R_{\text{д}}} + \frac{1}{R_{\text{п}}}, \quad (7.3)$$

$$\frac{1}{R_{\text{р.ш}}} = \frac{1}{4} + \frac{1}{9} = 0,139 \text{ См},$$

$$R_{\text{р.ш}} = \frac{1}{0,139} = 7,2 \text{ Ом}.$$

Відстань від поверхні землі до середини заземлювача

$$t = h + \frac{l_{\text{в}}}{2} = 0,7 + \frac{2}{2} = 1,7 \text{ м}, \quad (7.4)$$

$$t = 0,7 + \frac{2}{2} = 1,7 \text{ м},$$

де $h = 0,7 \text{ м}$ – заглиблення верхніх кінців електродів;

$l_{\text{в}} = 2 \text{ м}$ – довжина електрода.

Опір вертикального електрода

$$R_{\text{в}} = 0,366 \frac{\rho_{\text{в}}}{l_{\text{в}}} \left(\lg \frac{2l_{\text{в}}}{d} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l_{\text{в}}}{4t-l_{\text{в}}} \right), \quad (7.5)$$

$$R_{\text{в}} = 0,366 \frac{135}{2} \left(\lg \frac{2 \cdot 2}{0,02} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 1,7 + 2}{4 \cdot 1,7 - 2} \right) = 60,1 \text{ Ом}.$$

Приблизне число вертикальних заземлювачів при $\eta_B = 1$

$$n_B = \frac{R_B}{R_d \cdot \eta_{B.B.}}, \quad (7.6)$$

$$n_B = \frac{60,1}{4 \cdot 1} \approx 15.$$

Коефіцієнт використання при розташуванні в один ряд

$$\frac{L_B}{l_d} = 1,$$

$$\eta_{B.B.} = 0,54 \text{ (т.7.5 [16])}.$$

Необхідна кількість вертикальних заземлювачів

$$n_{H.B.} = \frac{R_B}{R_d \cdot \eta_{B.B.}}, \quad (7.7)$$

$$n_{H.B.} = \frac{60,1}{4 \cdot 0,54} = 27,8 \approx 28.$$

Розрахунковий опір вертикальних заземлювачів без врахування горизонтального заземлювача

$$R_{p.B} = \frac{R_B}{n_{H.B.} \cdot \eta_{B.B.}}, \quad (7.8)$$

$$R_{p.B} = \frac{60,1}{28 \cdot 0,54} = 3,97 \text{ Ом.}$$

Довжина горизонтального заземлювача

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_{H.B.} - 1), \quad (7.9)$$

$$L_{з.с.} = 1,05 \cdot 2 \cdot (28 - 1) = 56,7 \text{ м.}$$

Опір горизонтального заземлювача

$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{2L_{3.c.}^2}{h_3 \cdot b_c}, \quad (7.10)$$

$$R_{\Gamma} = 0,366 \frac{198}{56,7} \lg \frac{2 \cdot 56,7^2}{0,7 \cdot 0,04} = 6,85 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт використання

$$\eta_{\text{в.г.}} = 0,34 \text{ (т.7.6, [16]).}$$

Опір горизонтального заземлювача

$$R_{\text{п.г.}} = \frac{R_{\Gamma}}{n_{\Gamma} \cdot \eta_{\text{в.г.}}}, \quad (7.11)$$

$$R_{\text{п.г.}} = \frac{6,85}{1 \cdot 0,34} = 20,14 \text{ Ом.}$$

$$R_{\text{п.в.г.}} = \frac{1}{\frac{1}{R_{\text{п.в.}}} + \frac{1}{R_{\text{п.г.}}}}, \quad (7.12)$$

$$R_{\text{п.в.г.}} = \frac{1}{\frac{1}{3,97} + \frac{1}{20,14}} = 3,31 \text{ Ом.}$$

Загальний опір заземлення

$$R = \frac{R_{\Pi} \cdot R_{\text{п.в.г.}}}{R_{\Pi} + R_{\text{п.в.г.}}} < 4 \text{ Ом.} \quad (7.13)$$

$$R = \frac{9 \cdot 3,31}{9 + 3,31} = 2,42 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом.}$$

Опір розтіканню струму в природному і штучному заземлювачах відповідає вимогам ПУЕ, ПТЕ та ПТБ.

7.3 Загальні положення з евакуації при виникненні надзвичайної ситуації

Евакуація – комплекс заходів щодо організованого вивезення (виведення) населення з районів (місць), зон можливого впливу наслідків надзвичайних ситуацій і розміщення його у безпечних районах (місцях) у разі виникнення безпосередньої загрози життю та заподіяння шкоди здоров'ю людей [19].

Безпечний район (місце) – придатний для життєдіяльності район (місце) розміщення евакуйованого населення (працівників), який визначається рішенням відповідного органу виконавчої влади за межами зон можливого впливу наслідків НС.

Залежно від обстановки, яка склалася на час НС, може бути проведено загальну або часткову евакуацію населення (працівників).

Загальна евакуація в особливий період здійснюється в окремих регіонах держави за рішенням Кабінету Міністрів України для всіх категорій населення. Часткова евакуація здійснюється, як правило, в умовах переведення за рішенням Кабінету Міністрів України системи ЦЗ на воєнний стан до початку застосування агресором сучасних засобів ураження. Під час проведення часткової евакуації завчасно вивозиться не зайняте у виробництві та сфері обслуговування населення: студенти, учні спеціальних навчальних закладів, вихованці дитячих будинків, пенсіонери та інваліди, які утримуються у будинках для осіб похилого віку, разом з викладачами та вихователями, обслуговуючим персоналом і членами їхніх сімей.

Згідно з [19] у воєнний час евакуації підлягає населення з місць і районів, небезпечних для проживання, а також підприємств, установ, організацій та матеріальних цінностей, які мають важливе державне, господарське і культурне значення. До таких районів і зон належать:

- райони можливих бойових дій;
- зони небезпечного радіоактивного забруднення;
- зони можливого катастрофічного затоплення.

У разі введення надзвичайного стану у зв'язку із НС техногенного або природного характеру з підстав, передбачених [19] можуть здійснюватися такі заходи:

- тимчасова чи безповоротна евакуація людей з місць, небезпечних для проживання, з обов'язковим наданням їм стаціонарних або тимчасових жилих приміщень;

- встановлення для юридичних осіб квартирної повинності для тимчасового розміщення евакуйованого або тимчасово переселеного населення, аварійно-рятувальних формувань та військових підрозділів, залучених до ліквідації НС.

Загальна евакуація проводиться шляхом вивезення основної частини населення з міст і небезпечних районів усіма видами наявних транспортних засобів на відповідній адміністративній території та виведення найбільш витривалої його частини пішки.

Часткова евакуація проводиться з використанням транспортних засобів, що експлуатуються за діючим графіком. Для прискорення евакуації за рішенням керівника відповідного органу виконавчої влади залучаються додаткові транспортні засоби.

Евакуація, населення (працівників) здійснюється за виробничо-територіальним принципом.

Виробничий принцип евакуації населення (працівників) передбачає вивезення (виведення) і розміщення в безпечних районах (місцях) робітників, службовців і членів їх сімей, студентів, учнів спеціальних навчальних закладів і професійно-технічних училищ по об'єктах.

Територіальний принцип евакуації населення (працівників) передбачає вивезення (виведення) в безпечні райони населення (працівників) з місць проживання. Здійснення евакуації населення (працівників) по територіальному принципу, як правило, здійснюється через житлово-експлуатаційні організації.

Залежно від рівня НС рішення щодо здійснення евакуації населення (працівників) приймають:

- на загальнодержавному рівні - Кабінет Міністрів України;
- на регіональному рівні - голова обласної ради;
- на місцевому та міському рівні - керівник відповідного місцевого органу виконавчої влади;
- на об'єктовому рівні - керівник об'єкту.

Оповіщення населення про загрозу і виникнення НС здійснюється з використанням усіх систем оповіщення, мережі зв'язку, засобів радіомовлення і телебачення із залученням у разі потреби сил і засобів органів МВС.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Аналіз впливу виробничих дій підприємства на довкілля

Забруднення атмосфери.

Шкідливі речовини у вигляді пилу і газів виділяються в цехах підприємства ТОВ «Агрокорм» в процесі виробництва. Головні значення в забрудненні атмосфери в районі розташування заводу мають: оксид вуглеводу, діоксид сірки, пил та інше. Концентрація шкідливих речовин у вентиляційних викидах невелика, але із-за великих об'єктів вентиляційного повітря валова кількість шкідливих речовин, що поступають в атмосферу, дуже значна. Із-за невеликої висоти викиду, розосередженості і поганого очищення вони сильно забруднюють повітря на території підприємства і найближчого району.

Забруднення водойм.

Загальна кількість стічних вод підприємства містить:

- механічних забруднень - близько 75%
- мастила і нафтопродуктів - близько 20%
- хімічних забруднень - близько 5%.

Найсильніше хімічне забруднення водойм викликають стоки від гальванічних ванн до 40%. Стоки гальванічного цеху містять солі хрому, заліза, нікелю, цинку, міді.

Забруднення ґрунту.

Тверді відходи підприємства містять: амортизаційний лом, стружки і тирса металів, деревини, пластмас, шлаки, шлами, опади і пил (відходи систем очищення повітря і стічних вод). Можливі забруднення ґрунту відходами електромонтажних робіт, хлорованим дифеніламіном (діелектрики силових конденсаторів), ртуттю. Хлоровані дифеніли зберігаються в ґрунті або на дні водойм впродовж 10-30 років, створюючи тривалий отруйний ефект. Ртуть особливо небезпечна при попаданні у водойми, оскільки по кругообігу вона

може потрапити в їжу людей. До того ж ртуть володіє акумулятивним ефектом.

Енергетичні забруднення.

Підприємство є джерелом інтенсивного шуму, який впливає на жителів прилеглих до підприємства територій.

Шум – одна з форм фізичного (хвильового) забруднення навколишнього середовища. Під шумом розуміють усі неприємні та небажані звуки чи їх сукупність, які заважають нормально працювати, сприймати потрібні звукові сигнали, відпочивати. Він виникає внаслідок згущення і розрідження повітряних мас, тобто коливальних змін тиску повітря. Відрізняють шум постійний, непостійний, коливний, переривчастий, імпульсний. Загалом шум — це хаотичне нагромадження звуків різної частоти, сили, висоти, тривалості, які виходять за межі звукового комфорту. Нині добре відомо, що шуми шкідливо впливають на здоров'я людей, знижують їх працездатність, викликають захворювання органів слуху (глухоту), ендокринної, нервової, серцево-судинної систем (гіпертонія). Адаптація організмів до шуму практично неможлива, тому регулювання і обмеження шумового забруднення оточення — важливий і обов'язковий захід.

Шум оточуючого природного середовища дорівнює 30 – 60 дБ. До цього природного фону за сучасних умов додаються виробничі і транспортні шуми, рівень яких нерідко перевищує 100 дБ. На пристосування до сильного шуму організм людини витрачає велику кількість енергії, перенапружується нервова система, виникають втома, нервовий і психічний розлади.

Шумові характеристики на зовнішній межі санітарно-захисної зони заводу наступні: Рівень звуку:

- максимальний – 88 дБ;

- середній – 71 дБ.

8.2 Заходи і засоби захисту довкілля від викидів підприємства

Запобігання забрудненням територій.

Передбачається:

- утилізація твердих відходів виробництва;
- відбір і здача на дезактивацію відходів хлорованих дифенілів і апаратів, що вийшли з ладу, де вони містяться;
- централізований збір і демеркуризація газорозрядних ламп, що вийшли з ладу, і приладів, які містять ртуть.
- для уникнення розливу трансформаторного масла під трансформаторами передбачені маслоприймачі, звідки, у разі аварії, масло самопливно поступатиме в масло збірники.

Місткість оливозбірника 2170 л, розрахована з умови розміщення в ньому (у разі аварії) 100% масла, що міститься в одному трансформаторі, а також з врахуванням прийому 20% об'єму води від пожежогасіння з гідранта.

Боротьба з енергетичними забрудненнями.

Передбачено:

- визначення для усіх цехів і ділянок санітарного класу виробництва і ширини санітарно-захисної зони;
- розташування будівель і споруд відповідно до топографії місцевості і рози вітрів (див. генплан);
- озеленення санітарно-захисної зони.

Організаційні заходи.

Передбачено:

- проведення екологічної паспортизації підприємства відповідно до вимог Держстандарту 17.0.0.04-90 "Екологічний паспорт промислового підприємства" метою якої є:

а) встановлення кількісних та якісних характеристик природокористування (сировини, палива, енергії), а також кількісних та якісних характеристик забруднення природного середовища викидами, стоками, відходами, випромінюваннями;

б) отримання питомих показників природокористування та забруднення довкілля підприємством, котрі дозволяють аналізувати використовувані

підприємством технології та обладнання порівняно з кращими вітчизняними і зарубіжними зразками, а також відомості про шкоду, що завдається підприємством;

- розробка лімітів гранично допустимих викидів в атмосферу (ГДВ), гранично допустимих скидань у водойми (ГДС), лімітів на захоронення твердих побутових відходів і узгодження їх адміністрацією регіону і з регіональним природоохоронним органом;

- контроль фактичних викидів і скидань забруднюючих речовин.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі здійснено проект енергоефективної системи електропостачання кормоцеху промислового підприємства ТОВ «Агрокорм» та розглянуто заходи, що направлені на електрозбереження та вирівнювання добового графіка навантаження, і отримано такі результати:

1. Проаналізовано заходи, які дозволяють побудувати енергоефективну систему електропостачання кормоцеху. Оптимізувати електроспоживання кормоцехом можливо з допомогою електрозбереження та вирівнювання добового графіка електричного навантаження.

2. Вирішені основні питання з електропостачання і захисту силового енергоощадного електрообладнання кормоцеху. Вибрано однострансформаторну КТП-250-10/0,4. Проведений розрахунок освітлювального навантаження. Система освітлення вибрана на базі сучасних світлодіодних промислових світильників Highbay 200.

3. Проведений розрахунок струмів короткого замикання, перевірено захисну та комутаційну апаратуру на чутливість до струмів КЗ, на автоматичне спрацювання і відключаючу здатність. Побудовано карту селективності спрацювання захисної апаратури для кормоцеху.

4. Проведено дослідження моделі оптимізації добового графіка навантаження, основним критерієм якої є мінімізація дисперсії добового графіка навантаження. В якості технічного заходу запропоновано вибирати доцільний час ввімкнення установки-регулятора, а в якості економічного критерія – мінімізацію оплати за спожиту електроенергію за багатоставковим тарифом.

5. Проведено дослідження впливу застосування моделі оптимізації на добовий графік навантаження кормоцеху. Здійснилося вирівнювання нерівномірності графіка електричного навантаження за рахунок оптимізації основних критеріїв: дисперсія графіка електричного навантаження зменшилася на 26,4%, збільшився коефіцієнт заповнення та зменшився коефіцієнт максимуму.

6. При оптимізованому графіку з переведенням установок-регуляторів кормоцеху у нічний та позапіковий час роботи, економія електроенергії найбільша при тризонному тарифі і може становити 385 тис грн. в рік.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Драбик В. Р. Сучасна енергоефективна система електропостачання цеху промислового підприємства / В. Р. Драбик, А. В. Кріса // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 27-28 листопада 2019 року. — Т. : ТНТУ, 2019. —Том 3. — С. 31. — (Електротехніка та енергозбереження).

2. Коменда Т. І. Моделі та методи управління навантаженням систем електропостачання в умовах нечіткості вихідної інформації : Автореф. дис ... канд. техн. наук: 05.14.02 / Тарас Іванович Коменда . – Вінниця : Б.в., 2005 . – 19 с.

3. Коменда Т.І. Споживачі-регулятори, як основний технічний засіб оптимізації графіка електричного навантаження// Проблеми загальної енергетики. Науковий збірник №8 (2003). – Інститут загальної енергетики НАН України. – С. 58-62.

4. Кривокульський А. Аналіз та методи покращення показників графіка електричного навантаження системи електропостачання [Електронний ресурс].
Режим доступу:
http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/13542/2/VseukrStud_2012v1_Krivokulskii_A-Analiz_ta_metody_pokrashchennia_188.pdf

5. Калінчик В. П. Оцінка та аналіз методів вирівнювання графіків навантаження виробничих систем / В. П. Калінчик, О. В. Скачок // Енергетика. - 2013. - № 3. - С. 57-63. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/eete_2013_3_9

6. Калінчик В. П. Аналіз показників нерівномірності графіків навантаження промислових підприємств / В. П. Калінчик, В. П. Розен, О. В. Скачок // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. - 2014. - Вип. 2. - С. 67-72. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkdpu_2014_2_12

7. Гордеев В.И. Регулирование максимума нагрузки промышленных электрических сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 182 с.

8. Лежнюк П.Д., Оболонський Д.І., Пауткіна Л.Р. Моделювання впливу неоднорідності електричної системи на оптимальність її режиму // Вісник ВПІ. – 1996. – №4. – С. 44-49.

9. Михайлов В.В. Комплексный подход при решении проблемы выравнивания графиков электропотребления // Промышленная энергетика. – 1977. – №1. – С. 3-4.

10. Лоскутов А.Б., Соснина Е.Н. Метод оценки электрических нагрузок промышленных предприятий при неполной исходной информации// Электротехника. – 2001, №5. – С. 21-26

11. Формалізація моделі управління добовим графіком електроспоживання регіону/ Коменда Т.І.; Луцьк.держ.техн.ун-т. – Луцьк, 2003. – 8с.- Бібліогр.: 8 назв. – Укр.-Деп. в ДНТБ України.

12. Давиденко Л.В. , Коменда Н.В., Коменда Т.І. Оптимізація режимних показників як засіб підвищення ефективності електропередачі та електроспоживання// Наукові нотатки. Міжвузівський збірник № 8 (грудень 2001). – Луцьк 2001. – С. 101- 104.

13. Правила улаштування електроустановок. — 3-тє вид., перероб. і доп. — Х. : Форт, 2010. — 732 с.

14. Федоров А. А. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий / А. А. Федоров, Г. В. Сербеновский. — М. : Энергоатомиздат, 1980.

15. Кнорринг Г. М. Справочник для проектирования электрического освещения : справочное издание / Г. М. Кнорринг. - 6-е изд., перераб. - Л. : Энергия, 1968. - 391 с.

16. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. - 5-е изд., стер. - М. : Академия, 2008 (Тверь). - 447 с.

17. Проектирование кабельных сетей и проводок / П. И. Анастасиев [и др.] ; под общ. ред. Г. Е. Хромченко. — М. : Энергия, 1980. — 382 с.

18. Гандзюк М. П. Основи охорони праці : підручник / М. П. Гандзюк, Є. П. Желібо, М. О. Халімовський ; за ред. М. П. Гандзюка. - 2-ге вид. - К. : Каравела, 2004. - 406 с.

19. Економіка: навч. посіб. / за заг. ред. Л. С. Шевченко ; Нац. ун-т "Юрид. акад. України ім. Я. Мудрого". — Х. : Право, 2011. — 208 с.

20. Охрана окружающей среды : учеб. для студентов техн. вузов / [С. В. Белов [и др.]; под ред. С. В. Белова. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : Высшая школа, 1991. - 319 с.