

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему **Модернізація системи електропостачання вафельного цеху
Полтавської кондитерської фабрики «Домінік КО»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 201-пМЕ
спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Марченко О.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник Бороздін М.К.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Галай В.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної роботи «Модернізація системи електропостачання вафельного цеху Полтавської кондитерської фабрики Домінік КО»

Робота містить 47 сторінок, 3 ілюстрацій, 6 таблиць, 10 використаних джерел.

Ключові слова: силовий трансформатор, вимикач навантаження, автоматичний вимикач, роз'єднувач, кабелі живлення, запобіжник, генератор.

Об'єктом розроблення кваліфікаційної роботи є система електропостачання вафельного цеху Полтавської кондитерської фабрики Домінік КО.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення надійності електропостачання споживачів електроенергії вафельного цеху шляхом визначення категорії електропостачання; вибору напруги живлення; розрахунку електричного освітлення; розрахунку електричних навантажень на стороні 0,4 кВ; вибором потужності силових трансформаторів; розрахунку струму короткого замикання; вибором електрообладнання трансформаторної підстанції; вибором шини та кабелів живлення на стороні 10 кВ; розрахунком і вибором розподільчої мережі та її захисту; розрахунком і вибором джерела гарантованого живлення.

SUMMARY

qualification work "Modernization of the power supply system of the waffle shop of the Poltava confectionery factory Dominic KO"

The work contains 47 pages, 3 illustrations, 6 tables, 10 used sources.

Key words: power transformer, load switch, circuit breaker, disconnecter, power cables, fuse, generator.

The object of the development of the qualification work is the power supply system of the wafer shop of the Poltava confectionery factory Dominik KO.

The purpose of this qualification work is to increase the reliability of the electricity supply to consumers of the wafer shop by determining the category of electricity supply; selection of power supply voltage; calculation of electric lighting; calculation of electrical loads on the 0.4 kV side; selection of the power of power transformers; calculation of short circuit current; selection of transformer substation electrical equipment; by choosing a bus and power cables on the 10 kV side; calculation and selection of the distribution network and its protection; calculation and selection of a guaranteed power source.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та
робототехніки
Кафедра Автоматики, електроніки та телекомунікацій
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автоматки,
електроніки та телекомунікацій**

_____ О.В. Шефер
«01» квітня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРУ СТУДЕНТУ

Марченко Олександр Сергійовичу

1. Тема роботи «Модернізація системи електропостачання вафельного цеху
Полтавської кондитерської фабрики Домінік КО»
керівник роботи Бороздін Микола Кирилович, к.т.н., доцент
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2023 року № 236 - фа
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 14.06.2023 р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) технічна документація на систему
електропостачання вафельного цеху фабрики . Номінальна напруга
380В.Потужність електродвигунів до 30 КВт. Модернізація системи
електропостачання.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити) Аналіз системи електропостачання вафельного цеху, опис основних
вузлів живлення та споживачів, недоліки системи електропостачання, постановка
задачі на кваліфікаційну роботу. Розрахунок параметрів електронавантажень,
силових трансформаторів. Модернізація системи електропостачання
струмоприймачів цеху.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових плакатів):
 - 1) зовнішній вигляд споживачів електроенергії вафельного цеху;
 - 2) схема електропостачання вафельного цеху;
 - 3) зовнішній вигляд силових трансформаторів;
 - 4) схема основних вузлів живлення вафельного цеху;
 - 5) зовнішній вигляд дизельного генератора;
6. Дата видачі завдання 01.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи			Примітка (плакати)
1	Характеристика обладнання для системи електропостачання цеху. Аналіз недоліків системи електропостачання і постановка задачі на кваліфікаційну роботу.	26.04.23	I	20%	Пл. 1
2	Розрахунок параметрів електронавантажень цеху. Вибір та перевірка силових трансформаторів.	10.05.23		40%	Пл. 2
3	Вибір електротехнічного обладнання трансформаторної підстанції.	24.05.23	II	60%	Пл. 3
4	Модернізація системи електропостачання струмоприймачів цеху.	07.06.23		80 %	Пл. 4
5	Оформлення кваліфікаційної роботи бакалавра	14.06.23	III	100%	Пл. 5

Студент _____
(підпис)

Марченко О.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Бороздін М.К.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Аналіз системи електропостачання вафельного цеха.....	10
1.2 Опис основних споживачів електроенергії вафельного цеху	12
1.3 Вимоги до системи електропостачання вафельного цеху.....	15
2 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	17
2.1 Розрахунок електричних навантажень	17
2.2 Компенсація реактивної потужності	22
2.3 Вибір числа і потужності силових трансформаторів	25
2.4 Вибір типу і конструктивного виконання підстанції.....	28
2.5 Розрахунок струмів короткого замикання	30
2.6 Вибір електротехнічного обладнання трансформаторної підстанції	34
2.7 Вибір високовольтних шин і кабелів живлення	36
2.8 Розрахунок і вибір низьковольтної силової мережі	39
2.9 Вибір та розрахунок гарантованого джерела живлення.....	42
ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ.....	48

ВСТУП

Актуальність теми: Проблеми раціонального розподілу електроенергії на промислових підприємствах, які на сьогодні є основними споживачами енергії в Україні, набувають істотного значення. Ці завдання ускладнюються постійно зростаючими вимогами до якості електроенергії та до надійності електропостачання, особливо на підприємствах з високим ступенем автоматизації.

Сучасні електропостачальні системи промислових підприємств, міст, сільського господарства і транспорту повинні відповідати рівню розвитку технологій, обсягу споживання електричної енергії, забезпечувати показники якості електроенергії та відповідну до вимог споживача надійність за максимальної економічної ефективності. Практично на стадії проектування об'єкта в електропостачальну систему потрібно закладати такі технічні рішення, які забезпечили б виконання згаданих умов. Завдання ускладнюється тим, що з часом попередні умови можуть змінюватись як в частині значень електричних навантажень, територіальному їх розташуванню, так і з боку енергосистеми, сторонніх споживачів тощо. До того ж деякі вихідні дані можуть бути задані з певним наближенням або просто відсутні. Тому розроблена електропостачальна система повинна бути досить універсальною і легко адаптуватись до деякої варіації вихідних умов з можливістю її подальшого розвитку.

Мета і задачі дослідження: У результаті аналізу системи електропостачання вафельного цеху підприємства, для її модернізації доцільно було б підвищити надійність електропостачання впровадженням системи безперебійного та гарантованого електропостачання.

Система гарантованого живлення – це комплекс заходів і електрообладнання який забезпечує безперебійну подачу електроенергії в разі порушень та перебоїв в електромережі.

До складу системи гарантованого електропостачання входять:

- електрична кабельна мережа
- резервна генераторна установка

- система автоматичного включення резерву

Серед можливостей підвищення надійності електропостачання можна розглянути впровадження локальних систем живлення з використанням ВДЕ. Використання ВДЕ може забезпечувати безперервність роботи важливого електроустаткування а також використовуватися у вигляді акумуляції.

Серед варіантів забезпечення гарантованості електропостачання можна розглянути наступні системи живлення:

- сонячна електростанція, яка буде генерувати електроенергію з можливістю її акумуляції шляхом використання інвертора та акумуляторних батарей;

- резервування об'єкту проєктування від сусідньої ТП, в разі порушення в системі електропостачання навантаження окремих електроприймачів візьме ТП сусіднього підприємства;

- вітрова електростанція, що забезпечить живленням окрему частину електроустаткування та дозволить акумулювати електроенергію для забезпечення гарантованого живлення в разі виникнення аварійних ситуацій;

- гідроелектростанція – комплексна установка яка при наявності водойми забезпечить акумуляцію електроенергії для резерву у випадку перебоїв в електропостачанні;

- дизельна або бензинова електростанція для локального живлення окремих електроприймачів.

Умовно розглянуті джерела живлення можна розділити на нетрадиційні, а саме ВДЕ з можливістю акумуляції та традиційні, дизельні або бензинові електростанції.

Якщо розглядати варіант використання ВДЕ для забезпечення гарантованості живлення окремих вузлів системи електропостачання цеху, можна виділити основні елементи даної мережі: джерело енергії (сонячні панелі, гідроелектростанція, вітрогенератор), інвертор, система акумуляції, контролер для стану заряду акумуляторів, лінії живлення.

Тобто для створення даної автономної системи необхідно встановити сонячні модулі, безпосередньо на покрівлі цехового приміщення або на окремій території,

вироблена електроенергія буде акумулюватися в батареях і при аварійних ситуаціях електроприймачі отримуватимуть живлення від резервних акумуляторів.

Ще одним варіантом практичної реалізації системи гарантованого живлення для вирішення проблем порушення електропостачання є резервування від дизельних генераторів. Більшість сучасних дизельних генераторів комплектовані системою автоматичного запуску, що забезпечує автоматичний пуск генератора та перемикання живлення до споживачів.

Тому для виконання завдання модернізації, у ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра необхідно вирішити такі задачі: розрахувати параметри електронавантажень, силових трансформаторів; розрахувати та обрати систему безперебійного електропостачання.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Аналіз системи електропостачання вафельного цеха

Для виробництва і розподілення електроенергії застосовують змінний трифазний струм частотою 50 Гц.

Застосування трифазного струму обґрунтовується більшою економічністю мереж і електроустановок в порівнянні з електромережами та установками однофазного змінного струму і можливістю застосування асинхронних та синхронних електродвигунів, які більш надійні, економічні, дешеві та прості в експлуатації, крім цього використання змінного трифазного струму дає можливість використання вимірювальних трансформаторів струму (напруги).

Також перевагою трифазного змінного струму є перерозподіл навантаження між фазами, уникаючи при цьому «перекосу фаз».

Разом з тим, згідно норм пожежної безпеки, трифазний ввід відноситься до більш високої категорії небезпеки, так як струм при замиканні буде значно високим.

Постійний струм застосовують в ряді галузей промисловості для електропривода. Електродвигуни постійного струму застосовують в тих випадках, коли за умовами технологічного процесу необхідно широке і плавне регулювання швидкості виробничих механізмів.

За умовами схеми електропостачання на дільниці вафельного цеху підприємства не має споживачів постійного струму, тому для живлення асинхронних двигунів електроприводу верстатів приймаємо трифазний змінний струм.

В електроустановках до 1000 В найбільше розповсюдження отримали мережі трифазного струму з номінальною напругою 380 В. Переважно це мережі трифазного струму, які працюють в чотирьох провідному режимі і використовуються для живлення освітлювальних установок та малопотужних електродвигунів.

Схема напругою 380 В задовольняє двом умовам живлення споживачів:

– можливість одночасного живлення освітлювальних приладів та електродвигунів;

– відносно низька напруга (220 В).

Для живлення споживачів низької сторони ділянки вафельного цеху підприємства використовуємо напругу 380 В.

Вибір величини напруги живлячих і розподільчих мереж залежить від віддаленості КТП від джерела живлення (ПС 110/10), напруги джерела живлення, кількості і одиничної потужності електроприймачів.

Напруга 10 кВ застосовується на великих та середніх підприємствах на першій ступені перетворення електроенергії при відсутності підстанції глибокого вводу, на другій ступені при наявності ПГВ. При відсутності значної кількості електродвигунів високої напруги, перевага повинна віддаватись напрузі 10 кВ.

В електроустановках зі збірними шинами найчастіше застосовується одна або дві системи збірних шин.

До переваг установок з однією системою збірних шин слід віднести нескладність і невелику вартість виконання розподільчого пристрою.

Недоліки: 1) для ремонту збірних шин необхідно відключити усі джерела живлення, що призводить до перерви роботи електроустановки на весь час ремонтних робіт; 2) для ремонту вимикача будь-якої лінії відродження необхідно відключити лінію і припинити живлення її електроспоживачів на весь час ремонту вимикача.

Одну систему збірних шин можна виконати секціонованою або несекціонованою. Її можна секціонувати роз'єднувачем або вимикачем. Секціонування дозволяє ремонтувати збірні шини посеційно, тобто при відключенні тільки однієї секції збірних шин. Однією з найкращих схем є схема з однією системою збірних шин, секціонованою вимикачем. Перевагами цього способу є те, що одна із секцій завжди знаходиться в роботі, навіть у випадку короткого замикання на збірних шинах. Це дозволяє застосовувати одну систему шин в установках, що живлять електроспоживачів I-ї та II-ї категорії.

Враховуючи всі переваги і недоліки, приймаємо одну систему збірних шин, яка секціонована вимикачем.

1.2 Опис основних споживачів електроенергії вафельного цеху

У дипломному проекті для розрахунку електричних навантажень візьмемо електрообладнання, що знаходиться у вафельному цеху. У технологічному процесі по виготовленню вафель задіяне наступне електроустаткування:

Змішувач для кляру

Змішування суміші для вафельного тіста здійснюється за допомогою двигуна з нижньою підстилкою. Підготовлене вафельне тісто передається безпосередньо у вафельну піч або в резервуар для тіста за допомогою насоса. Внизу є зливний клапан для використання в очищенні.

Автоматична піч для випічки вафель

Розмір листів печі 350*700 мм. Піч працює за рахунок газової системи з використанням метану і пропану. Піч обладнана системою захисту від витoku газу, системою оповіщення і аварійної зупинки, системою автоматичного розподілу та контролю тіста, автоматичним запалюванням, горінням і контролем полум'я. Повністю автоматичний насос для тіста з by-pass системою перешкоджає капанню тіста. Кришки печі виготовлені з Cr-Ni матеріалу і спорядженні спеціальним ізоляційним матеріалом, який перешкоджає втраті тепла, края кришок також спорядженні спеціальними прокладками. Корпус і рухливі частини автоматичної вафельної печі виготовлені з спеціального сплаву і оброблені на верстатах ЧПУ. Рухомі частини спорядженні спеціальними жароміцними підшипниками С4 і системою жароміцних втулок. Спеціальна конструкція печі дозволяє працювати з високими температурами і складається з двох окремих груп: нижньої і верхньої. Піч обладнана автоматичною системою зняття вафельного листа при допомозі повітря. Піч управляється з ПЛК екрану.

Пристрій охолодження листів

Цей пристрій використовується для охолодження вафельних листів, що вийшли з печі, до температури навколишнього середовища, для зняття стресу, створеного процесом випічки, для відбраковування вафельних листів невідповідної

якості, і для штабелювання листів. Вафельні листи невідповідної якості визначаються за допомогою сенсорів в трьох точках контролю і відбраковуються. Всі несучі частини пристрою і частини, що контактують з продуктом, високої якості. Подача свіжоспечених вафельних листів з печі на цей пристрій з нержавіючої сталі здійснюється автоматично, а після повітряного охолодження також автоматично передається в наступний блок. В нормальному режимі роботи при кожному надходженні продукту підйомний механізм проходить один крок і зупиняється за рахунок сенсорів. Лист надходить в пристрій, здійснюється один крок і задане очікування, і при наступному кроці лист випускається. На вході і виході використовуються О-образні стрічки.

Пристрій намазки крему

Пристрій може забезпечувати намазку кремом одного або двох кольорів (за бажанням клієнта). При намазці використовується стрічковий метод (за бажанням клієнта). Для забезпечення однорідності крему, резервуар для крему оснащений змішувальним механізмом. Для запобігання замерзання під час намазки крему в барабані встановлено нагрівач, керований термостатом. Для більш ефективного використання крему, під резервуаром працює синхронно з намазуванням і забезпечує повторну подачу крему. Кількість шарів вафлі і крему може бути змінено за бажанням клієнта. Мінімум 3 (2 листа 1 крем) шару, максимум 9 шарів (5 листів 4 крему). Верхній вафельний лист проходить по верхньому шляху пристрою, таким чином, на нього не наноситься крем. Для рівномірного нанесення крему на кожен шар на виході використовується система парних циліндрів. Пристрій намазки працює з продуктивністю в 32-а листа. Пристрій виготовлено з нержавіючої сталі 304-ї якості.

Спіральний охолоджуючий тунель

Спіральний тунель, який працює на різних рівнях, розроблений для отримання більш високої продуктивності. Спіральна система забезпечує високу ефективність при обмеженому використанні місця. Відмінність від стрічкових конвеєрів, які споживають значно більше енергії і займають більше місця, спіральний тунель споживає значно менше енергії, при цьому, використовуючи до

100-метрів несучої стрічки. Спіральний тунель працює повністю автоматично. Виготовлення здійснюється без мануального втручання з дотриманням усіх гігієнічних норм. Час, енергія, ефективність використання, простота використання, висока продуктивність, вплив на хід приготування і подачі продукту, дотримання гігієнічних норм харчового виробництва і економія простору є деякими з переваг спіральної системи. Контрольна панель може бути запрограмована під різні продукти. Оператор пристрою вибирає продукт, з яким буде йти робота, і задає швидкість спіральної системи, таким чином, змінюючи продуктивність тунелю. Спіральний охолоджуючий тунель використовується для охолодження вафель, покритих кремом і горішками без перевертання вафельних листів. Для циркуляції повітря використовується повітряні вентилятори. Для підтримки низької температури і перешкоди втрати такої, спіральний тунель розміщений у спеціальній холодній кабіні, стіни якої виготовлені з 8-ми сантиметрового матеріалу. Спіральний тунель оснащений противагою в 10 кг. У разі перевищення межі, відповідний сенсор зупиняє систему і захищає пристрій від поломки. Кожен рівень тунелю оснащений сенсором для запобігання підйому і обриву стрічки.

Пристрій автоматичної порізки вафлі

Пристрій служить для автоматичної порізки вафельних листів, на які був попередньо нанесений крем. Пристрій споряджений механізмом автоматичного штабелювання. Управління здійснюється системою контролю ПЛК. Пристрій споряджений ножовим ріжучим механізмом.

Пристрій виготовлено з матеріалу Cr-Ni 304-ї якості. З метою безпеки кришки споряджені прозорою слюдою. Вафельні блоки спочатку проходять першу ріжучу установку, потім просуваються до другої. Можлива легка заміна ріжучого механізму.

Розподільчий магазин

Цей пристрій розміщується після ріжучого механізму, і служить для подальшого просування порізаних вафель рівними рядами з заздалегідь передбаченим простором в довжину і ширину вафлі для подальшого їх покриття шоколадом. Подача порізаних вафель в пристрій покриття шоколадом

здійснюється автоматично. Залежно від розмірів порізаної вафлі, розподільча спіраль розділяє їх на 11 рядів. Всі поверхні, з якими контактує продукт, виконані з нержавіючої сталі. Для очищення вафельної крихти і пилу використовується перфорований лист з нержавіючої сталі.

Автоматичний змішувач вершків

Подвійний змішувач здійснює змішування, замішування та змішування твердого підсилювача GG; напівтверді матеріали, такі як тісто, порошки, крем, паста, шлам, суспензії тощо. Машина застосовує при змішуванні тонкоміленого пшеничного борошна, соусу бешамель, поліефірної шпаклівки, скляної шпаклівки, кремнію, гуми, сполук заліза, розчинників, клеїв, рідкого мила, рідкий миючий засіб, керамічні порошки і т. д. Існують різні типи конструкцій, що відповідають вимогам технологічного процесу, включаючи піджак для підігріву ГГ підсилювача; охолодження, екструдерна система для бічного скидання матеріалу, формування штампів готового продукту, автоматичне нахилення чаші та верхньої кришки.

Матеріал завантажується через верхню частину ємності, як правило, 40 до 65 відсотків змішувача загальної об'ємної ємності. Обертання лопатей відбувається через важкі приводні системи, що зазвичай складаються з двигуна, коробки передач, муфт і передач. Швидкість наконечника змішувача, як правило, обмежена 60 метрами в хвилину. Змішування може здійснюватися при температурі навколишнього середовища або при контрольованих температурних умовах. Поїлки змішувача можуть бути забезпечені кожухами для циркуляції гарячих або холодних середовищ для підтримки необхідних температурних умов всередині змішувача. Вивантаження матеріалу з ємності змішувача відбувається або шляхом нахилу ємності змішувача, нижній випускний клапан або через екструдер / гвинт, розташований у нижній частині між двома жолобними відсіками. Змішувач може бути оснащений будь-яким із цих пристроїв розвантаження.

1.3 Вимоги до системи електропостачання вафельного цеху

Споживачами електричної енергії вафельного цеху є асинхронні двигуни верстатного обладнання, перетворювачі і освітлення.

Такі споживачі електричної енергії створюють рівномірне і симетричне по всім трьом фазам навантаження.

Живлення електричною енергією струмоприймачів повинно бути надійним, безперебійним і економічним. Тому відносимо електропостачання струмоприймачів вафельного цеху до другої категорії електропостачання.

Відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), споживачі електричної енергії віднесені до 2-ї категорії повинні забезпечуватись електричною енергією від двох незалежних джерел живлення, так, як порушення електропостачання може привести до розладу технологічних процесів у виробничому приміщенні і внести негативні зміни в життєдіяльність працівників підприємства.

Таким чином, в центрі навантаження споживачів підприємства буде споруджена понижуюча трансформаторна підстанція 10/0,4 кВ з двома силовими трансформаторами, потужність яких буде визначена виходячи із розрахункової потужності споживачів на низькій стороні підстанції.

Використання однострансформаторної підстанції ускладнить резервування струмоприймачів, бо від трансформаторної підстанції будуть отримувати споживачі всіх трьох категорій по надійності.

Отже, необхідно при виборі схеми і системи електричної мережі враховувати потужність і число споживачів, рівень надійності електропостачання не споживачів в цілому, а тих що входять в їх склад окремих струмоприймачів.

Прийняте рішення щодо варіанта системи електропостачання споживачів ПрАТ «Домінік» повинно базуватися на основі техніко-економічних показників системи в цілому, які визначаються сумою приведених затрат на зовнішнє і внутрішньозаводське електропостачання.

Перерва в електропостачанні споживачів електроенергії вафельного цеху може призвести до масового недовипуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів та промислового транспорту, порушень нормальної діяльності значної кількості людей. Тому електроприймачі даної підстанції відносимо до 2 категорії електроприймачів по надійності електропостачання.

2 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок електричних навантажень

Навантаження споживачів електричної енергії є основним параметром, за яким виконується вибір всіх елементів системи електричного постачання. Тому правильне визначення електричного навантаження необхідне при проектуванні й експлуатації електричних мереж. У дипломному проекті для визначення електричних навантажень застосуємо метод упорядкованих діаграм, який у даний час є основним при розробці технічних і робочих проектів електропостачання.

Характеристики споживачів електроенергії занесено до табл. 2.1.

Таблиця 2.1- Вихідні данні до проекту

№ з/п	Найменування споживачів	Кількість, шт.	P_p , кВт	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	$K_{\text{вик.}}$	$U_{\text{ном.}}$
1	Змішувач для кляру	1	3,75	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
2	Автоматична піч для випічки вафель	1	7,8	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
3	Пристрій охолодження листів	1	1,5	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
4	Пристрій намазки крему	1	27	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
5	Спиральний охолоджуючий тунель	1	11	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
6	Пристрій автоматичної порізки вафлі	1	4,5	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
7	Розподілюючий магазин	1	1,5	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4
8	Автоматичний змішувач вершків	1	8,5	$\frac{0,85}{0,62}$	0,75	0,4

Номінальна (встановлена) потужність електродвигунів тривалого режиму представляє паспортну потужність двигуна, позначену на заводській таблиці. Для

двигунів повторно-короткочасного режиму номінальна потужність приводиться до тривалого режиму за допомогою формули (2.1.1) з [1, с. 99].

Оскільки для даної групи електроустаткування паспортна тривалість ввімкнення електродвигунів приведена до 100%, тому:

$$P_{\text{ном.}} = P_{\text{пасп.}}, \quad (2.1.1)$$

де $P_{\text{пасп.}}$ – паспортна потужність, кВт.

Визначаємо активне змінне навантаження електроустаткування $P_{\text{зм}}$, кВт за формулою (2.1.2) з [1, с. 99]:

$$P_{\text{зм}} = P_{\text{ном.}} \cdot \kappa_{\text{в}} \cdot n, \quad (2.1.2)$$

де $\kappa_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання електроустаткування;

n – кількість електроустаткування.

$$P_{\text{зм}} = 0,75 \cdot (3,75 + 7,8 + 1,5 + 27 + 11 + 4,5 + 1,5 + 8,5) = 49,2 \text{ кВт}$$

Визначаємо реактивне змінне навантаження $Q_{\text{зм}}$, квар з коефіцієнтом потужності $\cos \varphi = 0,85$ за формулою (2.1.3) з [1, с. 100]:

$$Q_{\text{зм}} = P_{\text{зм}} \cdot \text{tg} \varphi, \quad (2.1.3)$$

де $P_{\text{зм}}$ – активне змінне навантаження, кВт;

$\text{tg} \varphi$ – табличне значення, яке відповідає $\cos \varphi = 0,85$.

$$Q_{\text{зм}} = 49,2 \cdot 0,72 = 35,4 \text{ квар}$$

В залежності від $\kappa_{\text{в}}$ і $n_{\text{еф}}$ вибираємо k_{max} із [1, с. 100, табл. 5.2].

Відповідно до [1, с.100, табл. 5.2] при $k_{\theta} = 0,75$ і $n_{\text{эф.}} = 8$ шт. приймаємо $k_{\text{max}} = 1,08$. Знаходимо максимальне активне навантаження P_{max} , кВт за формулою (2.1.4) з [1, с. 102]:

$$P_{\text{max}} = P_{\text{зм}} \cdot k_{\text{max}} , \quad (2.1.4)$$

де k_{max} – коефіцієнт максимуму активної потужності.

$$P_{\text{max}} = 35,4 \cdot 1,08 = 38,2 \text{ кВт}$$

Визначаємо максимальне реактивне навантаження Q_{max} , квар за формулою (2.1.5) з [1, с. 102]:

$$Q_{\text{max}} \text{ при } n \leq 10 = 1,1 \cdot Q_{\text{зм}} \text{ або } Q_{\text{max}} \text{ при } n > 10 = Q_{\text{зм}} , \quad (2.1.5)$$

де $Q_{\text{зм}}$ – змінне реактивне навантаження.

В нашому випадку кількість електроустаткування $n = 1$, тому:

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{зм}} \cdot 1,1 \quad (2.1.5)$$

$$Q_{\text{max}} = 35,4 \cdot 1,1 = 39 \text{ квар}$$

Знаходимо повне розрахункове навантаження $S_{\text{розр}}$, кВ·А за формулою (2.1.6) з [1, с. 102]:

$$S_{\text{розр}} = \sqrt{P_{\text{max}}^2 + Q_{\text{max}}^2} , \quad (2.1.6)$$

де P_{max} – максимальне активне навантаження, кВт;

Q_{max} – максимальне реактивне навантаження, квар.

$$S_{\text{розр}} = \sqrt{38,2^2 + 39^2} = \sqrt{2980} = 54,6 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Аналогічно проводимо розрахунки для іншого електроустаткування.

Розрахунок електричного освітлення дільниці цеха

Штучне робоче освітлення промислових приміщень створює необхідну за нормами освітленість, забезпечуючи тим самим необхідні умови роботи при нормальному режимі експлуатації будівлі. Система загального освітлення призначена для створення однакової освітленості по всій площі приміщення. Світильники розміщують у верхній зоні приміщення, як правило, на одній висоті над підлогою, з однаковою відстанню між світильниками.

Освітлювальні навантаження розраховуються методом питомої потужності на освітлювальну площу цеха ($\text{Вт}/\text{м}^2$). Для освітлення в цеху використовуються світильники з світлодіодними лампами.

У довідковій літературі наведені таблиці зі значеннями питомої потужності ($\text{Вт}/\text{м}^2$) залежно від величини необхідної освітленості, типу світильника, коефіцієнтів відбиття стелі та стін, площі освітлюваного приміщення ($S = 1400 \text{ м}^2$).

Вибираємо світлодіодну лампу потужність якої $P_{\text{л}} = 30 \text{ Вт}$ та коефіцієнтом потужності $\cos\varphi = 0,9$; питома потужність для світлодіодних ламп буде дорівнювати $p = 4 \text{ Вт}/\text{м}^2$

Знаходимо необхідну кількість світильників ($\text{Вт}/\text{м}^2$), за формулою (2.1.7) з [1, с. 216]:

$$n = \frac{p \cdot S}{P_{\text{л}}}, \quad (2.1.7)$$

де p - питома потужність мережі освітлення, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$P_{\text{л}}$ - потужність однієї лампи, Вт ;

S - площа освітлюваного приміщення, м^2 .

$$n = \frac{4 \cdot 1400}{30} = 187 \text{ шт}$$

Знаходимо змінне навантаження $P_{\text{зм.о.}}$, кВт за формулою (2.1.8) із [1, с. 99]:

$$P_{\text{зм.о.}} = P_{\text{л}} \cdot n \cdot \kappa_{\text{в}} \quad (2.1.8)$$

де $P_{\text{л}}$ – потужність однієї лампи;

n – кількість ламп;

$\kappa_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання ламп.

$$P_{\text{зм.о.}} = 30 \cdot 187 \cdot 1 = 5,6 \text{ кВт.}$$

Визначаємо реактивне змінне навантаження $Q_{\text{зм.о.}}$, квар з коефіцієнтом потужності $\cos\varphi = 0,9$ за формулою (2.1.3) із [1, с. 100]:

$$Q_{\text{зм.о.}, \cos\varphi=0,9} = P_{\text{зм.о.}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.1.3)$$

де $P_{\text{зм.о.}}$, кВт - активне змінне навантаження;

$\text{tg}\varphi$ - табличне значення.

$$Q_{\text{зм.о.}, \cos\varphi=0,9} = 5,6 \cdot 0,484 = 2,71 \text{ квар}$$

Знаходимо повне розрахункове навантаження $S_{\text{роз.о.}}$, кВ · А, для даних ламп за формулою (2.1.9) з [1, с. 102]:

$$S_{\text{роз.о.}} = \sqrt{P_{\text{зм.о.}}^2 + Q_{\text{зм.о.}}^2}, \quad (2.1.9)$$

де $P_{\text{зм.о.}}$ – активне навантаження, кВт;

$Q_{\text{зм.о.}}$ – реактивне навантаження, квар.

$$S_{\text{роз.0.}} = \sqrt{5,6^2 + 2,71^2} = \sqrt{38,7} = 6,22 \text{ кВА}$$

Розраховуємо загальні потужності дільниці цеху, включаючи освітлення.

Отже, з урахуванням освітлення загальне навантаження дільниці з лінією по виробництву вафельних бісквітів становить:

$$P_{\text{роз.}} = 43,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{роз.}} = 41,71 \text{ квар}$$

$$S_{\text{роз.}} = 60,82 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Від трансформаторної підстанції також живляться кабінет і лабораторії адміністративного корпусу, цех по виробництву цукерок, шоколадний цех, мучний цех та інші виробничі потужності.

За наданою інформацією від головного енергетика підприємства навантаження трансформаторної підстанції становить:

$$P_{\text{роз.}} = 1227,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{роз.}} = 662,6 \text{ квар}$$

$$S_{\text{роз.}} = 1395 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

2.2 Компенсація реактивної потужності

Середньозважений коефіцієнт потужності $\cos\varphi$ визначаємо за формулою (2.2.1) із [3, с. 249]:

$$\cos\varphi_{\text{ср.зв.}} = \frac{P_{\text{Р заг.}}}{S_{\text{Р заг.}}}, \quad (2.2.1)$$

де $P_{\text{Р заг.}}$ - активна розрахункова потужність всього електрообладнання цеху, *кВт*.

$S_{\text{Р заг.}}$ - повне максимальне навантаження електрообладнання цеху, *кВ·А*

$$\cos\varphi_{\text{ср.зв.}} = \frac{1227,6}{1395} = 0,88$$

Середньозважений коефіцієнт потужності ($\cos\varphi = 0,88$) не відповідає експлуатаційним вимогам ($\cos\varphi = 0,92\dots 0,95$), тому проводимо компенсацію реактивної потужності для споживачів електричної енергії цеха.

За сумарними розрахунковими величинами активної і реактивної потужностей та середньозваженому коефіцієнту потужності визначаємо компенсуючу потужність.

Величину компенсуючої реактивної потужності Q_k , квар визначаємо за формулою (2.2.2) із [3, с. 125]:

$$Q_k = P_{\text{заг.}} \cdot (\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}\varphi_2), \quad (2.2.2)$$

де $\operatorname{tg}\varphi_1 - \operatorname{tg}$ кута, що визначається за середньозваженим коефіцієнтом потужності $\cos\varphi_{\text{сер.зв.}}$;

$\operatorname{tg}\varphi_2 - \operatorname{tg}$ кута, що визначається за коефіцієнтом потужності $\cos\varphi_{\text{ек.}} = 0,93$

$$Q_k = 1227,6 \cdot (0,53 - 0,395) = 165,73 \text{ квар}$$

Таким чином, на стороні 0,4 кВ трансформаторної підстанції встановлюємо два компенсуючих пристрої загальною потужністю 100 квар (УКБН-0,38-100-50УЗ).

Після вибору компенсуючого пристрою перераховуємо сумарну повну розрахункову потужність підстанції $S_{\text{P заг.}'}$, кВ · А за формулою (2.2.3) з [5, с. 68]:

$$S_{\text{P заг.}'} = \sqrt{P_{\text{P заг.}}^2 + (Q_{\text{P заг.}} - Q_6)^2}, \quad (2.2.3)$$

де $Q_{\text{P заг.}}$ - реактивна розрахункова потужність всього електрообладнання цеху, квар;

Q_6 - реактивна потужність компенсуючого пристрою.

$$S_{P \text{ заг.}}' = \sqrt{1227,6^2 + (662,6 - 200)^2} = 1311,9 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

Перераховуємо середньозважений коефіцієнт потужності $\cos \varphi'_{\text{ср.зв.}}$ за формулою (2.2.4) з [5, с. 70]:

$$\cos \varphi_{\text{ср.зв.}}' = \frac{P_{P \text{ заг.}}}{S_{P \text{ заг.}}'} \quad (2.2.4)$$

$$\cos \varphi_{\text{ср.зв.}}' = \frac{1227,6}{1311,9} = 0,94$$

Отже, після виконання компенсації реактивної потужності, середньозважений коефіцієнт потужності ($\cos \varphi_{\text{ср.зв.}} = 0,94$) став відповідати експлуатаційним вимогам.

Після вибору батареї статичних конденсаторів необхідно вибрати розрядний опір.

Розраховуємо розрядний опір $r_{\text{роз.}}$, кОм за формулою (2.2.5) із [3, с.131]:

$$R_{\text{роз.}} = 15 \cdot \frac{U_{\phi}^2}{Q_{\phi}} \cdot 10^6, \quad (2.2.5)$$

де U_{ϕ} - фазна напруга, кВ;

Q_{ϕ} – загальна потужність конденсаторної установки, квар.

$$R_{\text{роз}} = 15 \cdot \frac{0,4^2}{200} \cdot 10^6 = 12000 \text{ Ом}$$

В якості розрядного опору приймаємо лампи розжарювання.

2.3 Вибір числа і потужності силових трансформаторів

Вибір числа і потужності силових трансформаторів. Вибираємо на основі технічних розрахунків. За двома варіантами, виходячи із розрахунків потужності трансформаторної підстанції та категорії струмоприймачів об'єкта.

Намічаємо два варіанта установки силових трансформаторів на підстанції 10/0,4кВ.

Перший варіант: передбачаємо встановлення двох силових трансформаторів потужністю 800 кВ·А кожний.

Другий варіант: передбачаємо встановлення двох силових трансформаторів потужністю 1000 кВ·А кожний. Характеристики силових трансформаторів подано в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Технічні дані силових трансформаторів

Тип трансформатора	S_n , кВ·А	$\Delta P_{x.x.}$, кВт	$\Delta P_{к.з.}$, кВт	$I_{x.x.}$, %	$U_{к.з.}$, %
ТМГ-800/10	800	1,3	9,6	1	5,5
ТМ-1000/10	1000	2,45	11	1,4	5,5

Розрахунки параметрів за першим варіантом

Розраховуємо коефіцієнт завантаження K_3 за формулою (2.3.1) із [7, с. 205]:

$$K_3 = \frac{S_{p \text{ заг.}}'}{n \cdot S_{n.тр}}, \quad (2.3.1)$$

де n – кількість силових трансформаторів, шт.;

S_n - номінальна потужність силового трансформатора, кВ · А.

$$K_{31} = \frac{1311,9}{2 \cdot 800} = 0,82$$

Втрата реактивної потужності в режимі холостого ходу $\Delta Q_{x.x}$, квар визначаємо за формулою (2.3.2) з [1, с. 29]:

$$\Delta Q_{x.x} = \frac{I_{x.x}}{100\%} \cdot S_H, \quad (2.3.2)$$

де $I_{x.x}$ - струм холостого ходу силового трансформатора, %.

$$\Delta Q_{x.x1} = \frac{1}{100\%} \cdot 800 = 8 \text{ квар}$$

Втрату реактивної потужності в режимі короткого замикання $\Delta Q_{к.з}$, квар визначаємо за формулою (2.3.3) з [1, с. 30]:

$$\Delta Q_{к.з} = \frac{U_{к.з}}{100} \cdot S_H, \quad (2.3.3)$$

де $U_{к.з}$ - напруга короткого замикання силового трансформатора, %.

$$\Delta Q_{к.з1} = \frac{5,5}{100\%} \cdot 800 = 44 \text{ квар}$$

Визначаємо приведені втрати потужності в силовому трансформаторі $\Delta P'$, кВт за формулою (2.3.4) із [1, с. 32]:

$$\Delta P' = 2 \cdot [\Delta P_{x.x} + k_{\Pi} \cdot \Delta Q_{x.x} + k_3^2 (\Delta P_{к.з} + k_{\Pi} \cdot Q_{к.з})], \quad (2.3.4)$$

де $\Delta P_{x.x}$ - втрати потужності в режимі холостого ходу силового трансформатора, кВт;

$\Delta P_{к.з}$ - втрати потужності в режимі короткого замикання силового трансформатора, кВт;

$\kappa_{\Pi} = 0,05$ - коефіцієнт втрат (довідникова величина).

$$\Delta P_1' = 2 \cdot [1,3 + 0,05 \cdot 8 + 0,82^2 (9,6 + 0,05 \cdot 44)] = 19,3 \text{ кВт}$$

Перевантажувальну здатність $S_{\text{пер}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$ визначаємо за формулою (2.3.5) із [5.,с.85]

$$S_{\text{пер.}} = 1,4 \cdot S_{\text{ном.тр}}, \quad (2.3.5)$$

$$S_{\text{пер}} = 1,4 \cdot 800 = 1120 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$1120 > 1311,9$$

Отже, умова не виконується. В післяаварійному режимі потрібно буде вимикати деякий відсоток споживачів електричної енергії.

Розрахунки параметрів за другим варіантом

Коефіцієнт завантаження K_3 визначаємо за формулою (2.3.1):

$$K_{32} = \frac{1311,9}{2 \cdot 1000} = 0,66$$

Втрату реактивної потужності в режимі холостого ходу $\Delta Q_{\text{х.х}}$, квар визначаємо за формулою (2.3.2):

$$\Delta Q_{\text{х.х}2} = \frac{1,4}{100\%} \cdot 1000 = 14 \text{ квар}$$

Втрата реактивної потужності в режимі короткого замикання $\Delta Q_{\text{к.з}}$, квар визначаємо за формулою (2.3.3):

$$\Delta Q_{\text{к.з}2} = \frac{5,5}{100\%} \cdot 1000 = 55 \text{ квар}$$

Визначаємо приведені втрати потужності в силовому трансформаторі $\Delta P'$, кВт за формулою (2.3.4):

$$\Delta P_2' = 2 \cdot [2,45 + 0,05 \cdot 14 + 0,66^2(11 + 0,05 \cdot 55)] = 18,3 \text{ кВт}$$

Перевантажувальну здатність $S_{\text{пер}}$, кВ · А визначаємо за формулою (2.3.5):

$$S_{\text{пер}} = 1,4 \cdot 1000 = 1400 \text{ кВ} \cdot \text{А}$$

$$1400 > 1311,9$$

Отже, умова виконується. В післяаварійному режимі не потрібно буде вимикати деякий відсоток споживачів електричної енергії.

Встановлення двох трансформаторів ТМГ-800/10 не є виправданим та доцільним. Трансформатори ТМГ-800/10 мають більші питомі втрати, та коефіцієнт завантаження являється занадто малим та недоцільним.

Отже, приймаємо для встановлення на підстанції два трансформатори ТМ-1000/10. Вони забезпечать надійне електропостачання всіх категорій електроприймачів цеху.

2.4 Вибір типу і конструктивного виконання підстанції

Схема електропостачання цеху, підприємства, в цілому, повинна відповідати технологічному процесу і бути органічно з ним зв'язана. Схема повинна забезпечувати задану категорію надійності постачання, бути економічною і достатньо гнучкою, тобто, без суттєвої перебудови забезпечити живлення електроприймачів при зміні їх потужності або кількості. Тому при виборі схеми електропостачання необхідно передбачити можливість розширення і розвитку окремих їх елементів.

Характерною особливістю схем внутрішньозаводського розподілу електроенергії є велика розгалуженість мережі і наявність великого числа комутаційно-захисної апаратури.

Кожна підстанція має розподільчий пристрій (РП), який містить комутаційні апарати, засоби захисту та автоматики, вимірювальні прилади, збірні та з'єднувальні шини та допоміжні пристрої.

По конструктивному виконанню всі РП діляться на відкриті та внутрішні.

Відкриті та внутрішні РП можуть бути комплектними (збірка на підприємстві – виробнику) чи збірними (збірка частково чи повністю на місці застосування).

Комплектним розподільчим пристроєм (КРП) – називаються розподільчі пристрої, які складаються з шаф, закритих повністю, або частково, чи блоків з вбудованими в них апаратами захисту та автоматики, вимірювальними приладами та допоміжними пристроями, яке поставляється в зібраному (повністю підготовленому для зібрання вигляді) і призначене для внутрішнього встановлення.

КРП, виконані на напругу до 10 кВ і струми до 3000 А, широко використовуються на промислових та міських підстанціях, головних РП електростанцій середньої та малої потужності.

КРП різноманітних конструкцій виготовляються на підприємствах електромонтажних організацій в вигляді камер типу КСО (камера стаціонарна, одностороннього обслуговування) чи шаф типу КРП.

Комплектні розподільчі пристрої внутрішнього встановлення збирають з окремих металевих шаф одностороннього обслуговування серії КСО-266 з однією системою шин. Шафи КСО використовуються для закритих розподільчих пристроїв станцій і підстанцій напругою 6-10 кВ. Вони мають просту конструкцію, тому їх можна виготовляти і на заводах і в майстернях монтажних організацій. Шафи мають блокування, які не допускають помилкових операцій при експлуатації. Розглядаю конструкцію шафи КСО-266 з вимикачем навантаження. Згідно схеми вимикач навантаження підключений до шин через запобіжник. Номінальний струм шафи 400 А. Після вимикача навантаження з заземлюючими ножами, який керується ручним приводом ПР-10, розміщений трансформатор

струму. Рукоятка привода вимикача міститься на передній панелі шафи. Шафи КСО прості й надійні в експлуатації.

Приймаємо шафи КРП для конструкційного виконання РП цеху, тому що вони більш зручні в ремонті і експлуатації.

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання

Для визначення струмів короткого замикання складаємо розрахункову схему, зображену на рисунку 1, що відповідає нормальному режиму роботи системи електропостачання, враховуючи, що всі джерела живлення включені паралельно. По розрахунковій схемі складаємо схему заміщення, зображену на рисунку 2.

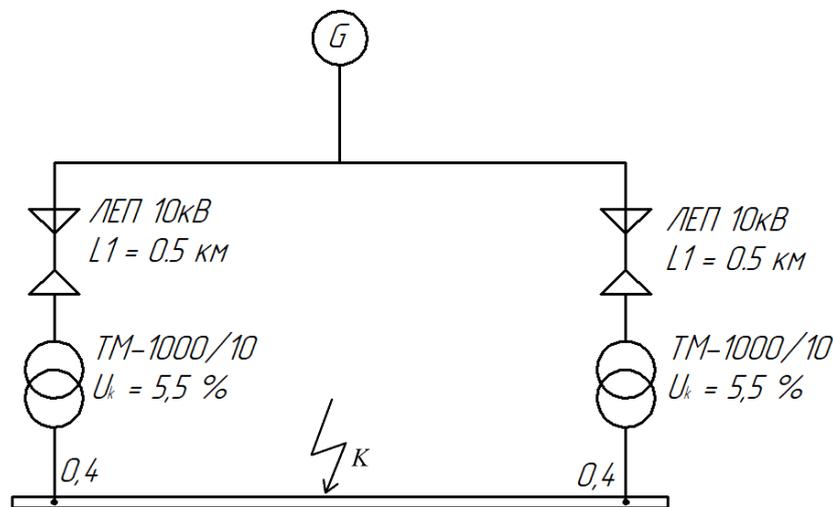


Рисунок 1 – Розрахункова схема

Опори елементів коротко-замкнутого кола визначаємо у іменованих одиницях, приведених до базисних умов. На основі розрахункової схеми складаємо схему заміщення. На схемі заміщення всі опори позначаємо дробом, чисельник якого порядковий номер опору, а знаменник – абсолютна величина, яка визначається за відповідними формулами.

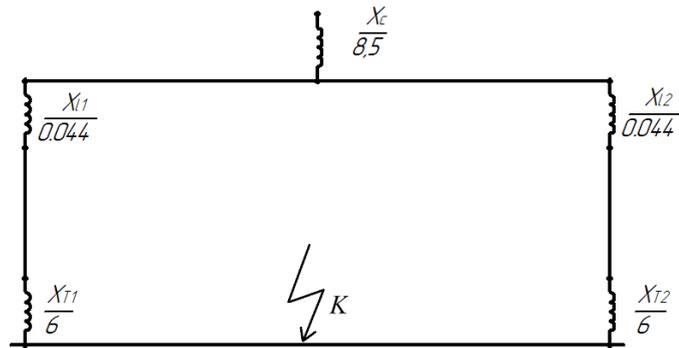


Рисунок 2 – Схема заміщення електричної мережі

Визначаємо опори схеми заміщення.

Визначаємо опір системи X_c , Ом, яка задається енергосистемою за формулою (2.5.1) з [3, с. 84]:

$$X_c = X_{c.\text{ном.}} \cdot \frac{U_6^2}{S_K}, \quad (2.5.1)$$

де $X_{c.\text{ном.}} = 0,1$;

U_6 – базисна напруга високої сторони, кВ;

S_K – сумарна повна розрахункова потужність підстанції, МВ·А.

$$x_c = 0,1 \cdot \frac{10,5^2}{1,3} = 8,5 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір лінії електропередач X_l , Ом за формулою (2.5.2) з [7, с. 171]:

$$x_l = x_0 \cdot l \cdot \frac{U_6^2}{U_{\text{сер}}^2}, \quad (2.5.2)$$

де $x_0 = 0,08$ Ом/км – питомий індуктивний опір повітряної лінії;

l – довжина повітряної лінії, км;

U_6 – базисна напруга високої сторони, кВ;

$U_{\text{сеп}}$ – середня напруга високої сторони, кВ.

$$x_{l1} = x_{l2} = 0,08 \cdot 0,5 \cdot \frac{10,5^2}{10^2} = 0,044 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір трансформатора X_T , Ом за формулою (2.5.3) з [2, с. 230]:

$$X_{T1} = X_{T2} = \frac{U_{\text{к.з.}} \cdot U_6^2}{100 \cdot S_{\text{ном}}}, \quad (2.5.3)$$

де $U_{\text{к.з.}} = 5,5 \%$, довідникове значення трансформатора, беремо з таблиці 2.2;

U_6 – базисна напруга високої сторони, кВ;

$S_{\text{ном}}$ – номінальна потужність трансформатора, МВ·А.

$$X_T = \frac{5,5 \cdot 10,5^2}{100 \cdot 1} = 6 \text{ Ом}$$

Спростуємо схему заміщення відповідно точки короткого замикання К за формулами (2.5.4) та (2.5.5):

$$X_{\text{зам.1}} = X_{T1} + x_{l1}, \quad (2.5.4)$$

$$X_{\text{зам.2}} = X_{T2} + x_{l2}, \quad (2.5.5)$$

де x_{T1}, x_{T2} – опори трансформаторів, Ом;

x_{l1}, x_{l2} – опори ліній електропередач, Ом.

$$X_{\text{зам.1}} = 6 + 0,044 = 6,044 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{зам.2}} = 6 + 0,044 = 6,044 \text{ Ом}$$

Схема заміщення прийме вид, як показано на рисунку 3.

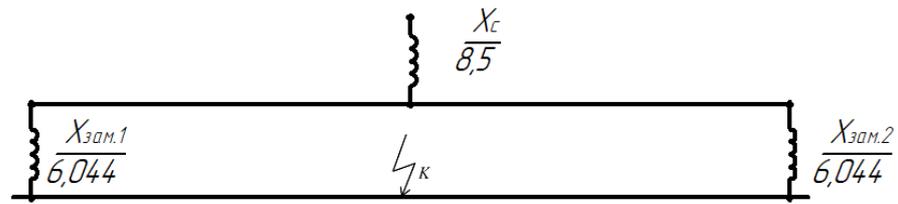


Рисунок 3 – Схема заміщення електричної мережі

Визначаємо результуючий опір $X_{рез}$, Ом для точки короткого замкнення К за формулою (2.5.6) з [7, с. 150]:

$$X_{рез} = \frac{X_{зам.1} \cdot X_{зам.2}}{X_{зам.1} + X_{зам.2}} + X_c \quad (2.5.6)$$

$$X_{рез} = \frac{6,044^2}{6,044 \cdot 2} + 8,5 = 11,5 \text{ Ом}$$

Знаходимо похідну $X'_{рез}$, Ом від результуючого опору за формулою (2.5.7):

$$X'_{рез} = X_{рез} \cdot \frac{U_{62}^2}{U_{61}^2}, \quad (2.5.7)$$

де U_{61} – базисна напруга високої сторони, кВ;

U_{62} – базисна напруга низької сторони, кВ.

$$X'_{рез} = 11,5 \cdot \frac{0,4^2}{10,5^2} = 0,01 \text{ Ом}$$

Початкове значення періодичної складової кривої струму короткого замикання $I_{по}$, кА визначаємо за формулою (2.5.8) [7, с.146]:

$$I_{п.о.} = \frac{U_{62}}{\sqrt{3} \cdot X'_{рез}}, \quad (2.5.8)$$

де U_{62} – базисна напруга низької сторони, кВ.

$$I_{п.о.} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot 0,01} = 23,1 \text{ кА}$$

Ударний струм $i_{уд.}$, кА визначаємо за формулою (2.5.9) з [5, с. 142]:

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{п.о.}, \quad (2.5.9)$$

де k_y -ударний коефіцієнт, який залежить від постійного часу затухання аперіодичної складової струму короткого замикання. Приймаємо $k_y = 1.8$.

$$i_{уд.} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 23,1 = 58,8 \text{ кА}$$

2.6 Вибір електротехнічного обладнання трансформаторної підстанції

Високовольтні вимикачі - комутаційні апарати, призначені для оперативних включень та відключень окремих електричних кіл або електрообладнання в енергосистемі в нормальних чи аварійних режимах при ручному, дистанційному або автоматичному управлінні.

Деякі розрахункові параметри, а також дані високовольтних приладів заносимо до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри високовольтних приладів

Розр. параметри	Автомат. вимикач	Роз'єднувач	Тр-р струму
$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ	$U_H = 10$ кВ
$I_H = 80,6$ А	$I_H = 630$ А	$I_H = 400$ А	$I_H = 100$ А
$I_{по} = 23,1$ кА	$I_{по} = 20$ кА	-	-
$I_{уд} = 58,8$ кА	$I_{уд} = 52$ кА	$I_{уд} = 41$ кА	$I_{уд} = 74,5$ кА
$V_K = 133,4$ кА ² ·с	$V_K = 1600$ кА ² ·с	$V_K = 1024$ кА ² ·с	$V_K = 66,83$ кА ² ·с
Модель приладу	ВПМ-10-20/630 УЗ	РВ-10/400 УЗ	ТПЛК-10

Перед тим як почати вибір вимикачів, нам потрібно порахувати інтеграл Джоуля, V_K , кА²·с, який визначається за формулою (2.6.1) з [5, с.71]:

$$V_K = I_{по}^2 \cdot (t_{вим} + T_a), \quad (2.6.1)$$

де $I_{по}$ – початкове значення періодичної складової кривої струму короткого замикання, кА;

$t_{вим}$ – час вимкнення. $t_{вим} = t_3 + t_b$

t_3 – час існування короткого замикання, с. $t_3 = 0,1$ с;

t_b – час вимкнення вимикача, с;

T_a – табличне значення. $T_a = 0,04$. [2, с.70, рис. 3.2].

Вибираємо автоматичний вимикач типу ВПМ-10-20/630 УЗ із [2, с. 228, табл. 5.1]. Час його вимкнення складає $t_{вим} = 0,11$ с.

$$V_K = 23,1^2 \cdot (0,21 + 0,04) = 533,6 \cdot 0,21 = 133,4 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Визначаємо інтеграл Джоуля конкретного вимикача із [2, с. 228, табл. 5.1]. Число перед похилою підносимо у квадрат і множимо на число після похилої. Таким чином отримуємо інтеграл Джоуля, який дорівнює:

$$W_k = 20^2 \cdot 4 = 1600 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Аналогічно вибираємо роз'єднувачі [2, с. 260, табл. 5.5] і трансформатори струму з [2, с. 294, табл. 5.9]. Отримані дані заносимо у таблицю 2.3.

2.7 Вибір високовольтних шин і кабелів живлення

Вибір шин

Вибір шини проводимо на стороні 10 кВ підстанції.

Для вибору шини знаходимо розрахунковий струм I_p , А за формулою (2.7.1) з [1, с. 80]:

$$I_p = \frac{\sum S_{\text{розр.заг}}}{U_H}, \quad (2.7.1)$$

де $\sum S_{\text{розр.заг}}$ – максимальне розрахункове навантаження, кВ·А;

U_H – напруга високої сторони, кВ.

$$I_p = \frac{1311,9}{10} = 133,2 \text{ А}$$

Враховуючи величину струму $I_p = 133,2 \text{ А}$, вибираємо з [2, с. 97] сталеві шини прямокутного перерізу розмірами 60×3 мм, допустимим струмом 150 А. Відстань між опорами ізоляторів 0,15 м, відстань між осями суміжних фаз 0,05 м.

Момент опору шини, яка кріпиться до ізолятора пліском W_{II} , м³, визначаємо за формулою (2.7.2) з [1, с. 84]:

$$W_{II} = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (2.7.2)$$

де b – товщина шини, см;

h – ширина шини, см.

$$W_{\Pi} = \frac{0,3 \cdot 6^2}{6} = 1,8 \text{ м}^3$$

Електродинамічна дія струмів К.З. при трифазному К.З. визначається силою взаємодії між провідниками при протіканні по ним $i_{уд}$. Сила, σ_p , кгс/см², що діє на шину створює напруження в металі на вигин і визначається за формулою (2.7.3) [1, с. 88]:

$$\sigma_p = \frac{1,76 \cdot i_{уд}^2 \cdot l^2 \cdot 10^{-3}}{W_{\Pi} \cdot a}, \quad (2.7.3)$$

де $i_{уд}$ – ударний струм к.з., кА;

l – відстань між опорними ізоляторами, см;

W_{Π} – момент опору шини, м³;

a – відстань між осями суміжних фаз, см.

$$\sigma_p = \frac{1,76 \cdot 58,8^2 \cdot 150^2 \cdot 10^{-3}}{1,8 \cdot 50} = 1521,3 \text{ кгс/см}^2$$

Допустима сила напруження $\sigma_{доп}$ для сталевих шин $\sigma_{доп} = 1600 \text{ кгс/см}^2$.

Виконуємо перевірку на правильність вибору шини за нерівністю $\sigma_p \leq \sigma_{доп}$.

$$1521,3 \text{ кгс/см}^2 < 1600 \text{ кгс/см}^2$$

Умова виконується.

Вибір високовольтного кабелю

Вибір кабелю проводимо на стороні 10 кВ підстанції.

Визначаємо робочий струм I_p , А за формулою (2.7.4) з [7, с. 190]:

$$I_p = \frac{S_k}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{сер}} \cdot \cos\varphi_k}, \quad (2.7.4)$$

де S_k – сумарна повна розрахункова потужність підстанції, кВ·А;

$U_{\text{сер}}$ – середня напруга високої сторони, кВ.

$\cos\varphi_k$ – коефіцієнт потужності після виконання компенсації реактивної потужності;

$$I_p = \frac{1311,9}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,94} = 80,6 \text{ А}$$

Виходячи із розрахунків вибираємо кабель з алюмінієвими жилами в паперовій ізоляції з поперечним перерізом струмопровідних жил АСБ 3×25 мм², з допустимим струмом $I_{\text{доп}} = 90 \text{ А}$ із [1, с. 199, табл. 10.6].

де А - Алюмінієва струмопровідна жила;

С - Свинцова оболонка;

Б - Броня із сталевих стрічок.

Перевіряємо вибраний силовий кабель на втрату напруги ΔU , % за формулою (2.7.5) з [3, с. 84]:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_n} \cdot (r_0 \cdot \cos\varphi + x_0 \cdot \sin\varphi) \cdot I_p \cdot l, \quad (2.7.5)$$

де U_n – номінальна напруга на кабелі, В;

r_0 – питомий активний опір одного кілометра кабельної лінії, довідникова величина. Приймаємо $r_0 = 1,28 \text{ Ом/км}$.

x_0 – індуктивний опір одного кілометра кабельної лінії, довідникова величина. Приймаємо $x_0 = 0,11 \text{ Ом/км}$.

l – довжина кабелю, м.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{10000} \cdot (1,28 \cdot 0,94 + 0,11 \cdot 0,341) \cdot 80,6 \cdot 0,5 = 0,87 \%$$

За допустимою втратою напруги кабель вибраний вірно, бо розрахункова величина задовольняє умови:

$$\Delta U = 0,87 \% \leq \Delta U_{\text{доп}} = 5 \%$$

2.8 Розрахунок і вибір низьковольтної силової мережі

Для нормальної і надійної роботи цехових мереж необхідно передбачити захисне обладнання та відповідні провідники для живлення цього обладнання від розподільчих шин та розподільчих пристроїв. Кабелі та захисне обладнання вибираємо за номінальним струмом по кожній окремо взятій групі споживачів.

Номінальний струм I_n , А розраховується за формулою (2.8.1) з [1, с. 190]:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi}, \quad (2.8.1)$$

де P_n – номінальна потужність споживача, кВт;

U_n – номінальна напруга, подана до споживача, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності споживача.

Проводимо розрахунок номінального струму I_n , кА для пристрію охолодження листів за формулою (2.8.1)

$$I_n = \frac{1,5}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,85} = 2,5 \text{ А}$$

Маючи дані із таблиці 1.2.1, аналогічно виконуємо розрахунки для інших споживачів. По отриманим розрахункам вибираємо марки і переріз кабелю [1, с.

199], а також параметри автоматичного вимикача для живлячої лінії кожного із споживачів [1, с. 196]. Отримані дані заносимо до таблиці 2.4.

Таким чином, за отриманими розрахунками обираємо струмоведучі кабелі з полівінілхлоридною оболонкою для прокладання в приміщеннях, каналах і тунелях марки ВВГ та АВВГ [6, с. 269].

Таблиця 2.4 – Результати розрахунків

Найменування споживачів	Номинальний струм I_n , А	Марка і переріз кабелю	Допустимий струм кабелю $I_{доп}$, А
Змішувач для кляру	6,4	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А
Автоматична піч для випічки вафель	13,2	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А
Пристрій охолодження листів	2,5	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А
Пристрій намазки крему	45,8	ВВГ 3×10 мм ²	$I_{доп} = 60$ А
Спиральний охолоджуючий тунель	18,7	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А
Пристрій автоматичної порізки вафлі	7,6	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А
Розподілюючий магазин	2,5	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А
Автоматичний змішувач вершків	14,4	АВВГ 3×2,5 мм ²	$I_{доп} = 22$ А

За обраними струмоведучими частинами обираємо апарати захисту, тобто автоматичні вимикачі. Для правильного вибору захисного обладнання має справджуватися нерівність (2.8.2) з [1, с. 192]:

$$I_n < I_z < I_{доп} \quad (2.8.2)$$

де I_n – номінальний струм, який споживається електроприймачем, А;

I_3 – номінальний струм, за якого розчеплювач вимикача спрацьовує, А;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий струм, який може протікати по кабелю, А.

Для обчислення граничного значення надструму невмикання $I_{\text{п}}$, А використовуємо формулу (2.8.3) [1, с. 193]:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{розч}} \cdot 6 \quad (2.8.3)$$

де $I_{\text{розч}}$ – струм розчеплювача вимикача, А.

Дані заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Дані захисних пристроїв

Найменування споживачів	Тип автоматичного вимикача	Номінальний струм вимикача, $I_{\text{ном}}$, А	Номінальний струм розчеплювача $I_{\text{розч}}$, А	$I_{\text{п}}$, А	Номінальний струм уставки розчеплювача $I_{\text{уст}}$, А
Змішувач для кляру	A3710Б	40	20	120	400
Автоматична піч для випічки вафель	A3710Б	40	20	120	400
Пристрій охолодження листів	A3710Б	40	20	120	400
Пристрій намазки крему	A3710Б	80	50	300	400
Спиральний охолоджуючий тунель	A3710Б	40	20	120	400
Пристрій автоматичної порізки вафлі	A3710Б	40	20	120	400
Розподілюючий магазин	A3710Б	40	20	120	400

2.9 Вибір та розрахунок гарантованого джерела живлення

Необхідно виконати вибір локальної системи гарантованого живлення для механічного цеху враховуючи особливості електроприймачів які потребують резервного живлення.

Враховуючи високу вартість капіталовкладень, які потребує сонячна електростанція, а саме: фотоелектричні модулі, інвертор, лічильник, контролер, кріплення та монтажні системи, постійний технічний огляд, перевагу для встановлення на даному об'єкті було віддано дизельній електростанції. Для вибору потужності ДЕС необхідно розрахувати потужність групи споживачів, яка потребує резервного живлення.

Для розрахунку потужності і вибору ДЕС для живлення споживачів загального призначення необхідно знати:

1. сумарну потужність навантаження (споживачів електроенергії);
2. вид (характер) навантаження;
3. режим роботи (використання) ДЕС;
4. температуру середовища, в якій працює ДЕС.

Загальна розрахункова, максимальна потужність ДЕС визначається за формулою:

$$P_{max} = P_{ед} + P_{осв} \quad (2.9.1)$$

де $P_{ед}$ – потужність, що споживається електродвигунами;

$P_{осв}$ – потужність споживачів освітлення.

При розрахунках потужності ДЕС потрібно також враховувати втрати потужності в мережах і на власні потреби ДЕС. Максимальне розрахункове навантаження ДЕС в цьому випадку буде визначатись як:

$$P_{max.p} = \frac{P_{max} \cdot k_{BT}}{k_{B.П}} \quad (2.9.2)$$

де $k_{BT} = 1,1$ - коефіцієнт, що враховує втрати потужності в мережі з рівнем напруги до 250В;

$k_{B.П}$ - коефіцієнт, що враховує витрати електроенергії на власні потреби ДЕС, зазвичай $k_{B.П} = 0,97$.

Визначимо повну розрахункову потужність ДЕС:

$$S_{max.p} = \frac{P_{max.p}}{\cos\varphi} \quad (2.9.3)$$

$$P_{max} = 38,2 + 5,6 = 43,8 \text{ кВт} \quad (2.9.1)$$

$$P_{max.p} = \frac{43,8 \cdot 1,1}{0,97} = 49,67 \text{ кВт} \quad (2.9.2)$$

$$S_{max.p} = \frac{49,67}{0,85} = 58,44 \text{ кВА} \quad (2.9.3)$$

Визначимо максимальний струм:

$$I_{max.p} = \frac{S_{max.p}}{\sqrt{3} \cdot U_{0,4}} \quad (2.9.4)$$

$$I_{max.p} = \frac{58,44}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 84,35 \text{ А}$$

За величиною розрахункової потужності необхідно обрати ДЕС однак необхідно враховувати запас потужності.

А при використанні ДЕС в режимі резерву потужність навантаження повинна бути в межах 70 ... 90% від потужності станції.

Це означає, що потужність обраної ДЕС для резервної роботи повинна бути більшою розрахункової – в 1,11 ... 1,43 рази (в середньому в 1,25 рази).

Отже, в результаті визначення розрахункової, максимальної потужності та з врахуванням відповідного коефіцієнту запасу для резервних ДЕС, було обрано дизельний генератор WattStream WS90-WS.

Таблиця 2.6 – Дані генератора

Номінальна напруга U_n , В	Номінальна потужність підключуваного навантаження P_n , кВт	Максимальна потужність підключуваного навантаження P_{max} , кВт	Обсяг паливного бака, літри	Витрати палива л/г	Автономність роботи, години
400	64	70,4	200	14,2	14

Враховуючи умови проектування необхідно визначити особливості комплектації ДЕС, яка може бути сформована на замовлення.

Внутрішнє приміщення механічного цеху має достатньо велику кількість електроприймачів та верстатного устаткування, тому, було вирішено виконувати установку ДЕС за межами основного приміщення.

Враховуючи те, що ДЕС знаходиться на відстані від цехового приміщення, необхідно обрати кабельну лінію якою буде виконуватись живлення електроприймачів.

Враховуючи значення розрахованого струму обираємо кабель АВВГ 2×25 мм з допустимим значенням струму при прокладці в землі 120 А.

Для забезпечення живленням при виникненні аварійних ситуацій необхідно розрахувати кількість дизельного пального яка необхідна ДЕС.

Враховуючи показник SAIDI(хв) – (середня тривалість відключень) для місцевості де розташований механічний цех, що становлять приблизно 260 хв на рік, необхідно розрахувати кількість пального для забезпечення живленням споживачів протягом цього часу.

Зазвичай WattStream WS90-WS – комплектуються паливним баком на 200л. Витрата палива в звичайному режимі роботи складає 14,2л/год. Час безперервної роботи складає 14 год. Можемо виконати елементарний розрахунок для визначення необхідної кількості дизельного палива для забезпечення поставлених завдань.

$$\frac{200}{840} = \frac{x}{260}$$

$$x = \frac{200 \cdot 260}{840} = 61,9\text{л.}$$

Отже для забезпечення потреб резервного живлення окремих споживачів протягом року з урахуванням показника тривалості відключень ДЕС потребує 61,9л дизельного палива.

ВИСНОВКИ

У відповідності з виданим завданням був розроблений проект модернізації системи електропостачання вафельного цеху Полтавської кондитерської фабрики Домінік КО. В основу проекту покладений розрахунок електричних навантажень. Для підвищення коефіцієнта потужності на підстанції проводився розрахунок та вибір конденсаторної установки, після чого був проведений розрахунок і вибір силових трансформаторів.

На стороні високої і низької напруги проведений розрахунок струмів короткого замикання.

На стороні низької напруги вибрані електрообладнання і комутаційний захист. Все вибране електрообладнання забезпечує якісну роботу та економічно споживає електроенергію.

Здійснений розрахунок і вибір гарантованого джерела живлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Донець О. В. Теорія електропривода/ В. І. Колотіло, О. В. Донець; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 148 с.
2. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи. Навч. посібник для вищ. навч. закл., за ред. Поповича М.Г., Лозинського О.Ю. – К.:Либідь, 2005. – 678 с.
3. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / За ред. М.Г. Поповича. – К.: Либідь, 2005. – 672 с.
4. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. Підручник. – К: Либідь, 2007, – 656с.
5. Р.О. Буйний. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки / Р.О. Буйний, В.М. Ананьєв, В.В. Тесленко., 2004. 37 с.
6. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2018). Вид. офіц. Харків: Форт, 2018. 458 с
7. Чорний. О.П. Моделювання електромеханічних систем: підручник для ВНЗ/ О.П. Чорний, А.В. Луговий, Д.Й. Родькін, Г.Ю. Сисюк, О.В. Садовий. — Кременчуг, 2001. – 376 с.
8. Каталог дизельних генераторів [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://generator.ua/generatori/7225-generator-dizelnij-wattstream-ws90-ws.html>
9. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. 148 с.
10. Каталог [Електронний ресурс] : [Засоби комутаційної апаратури – 0,4 кВ]. – Івано-Франківськ. – Режим доступу: <https://www.avtomats.com.ua/>

ДОДАТКИ

1 ANALYTICAL PART

1.1 Analysis of the power supply system of the wafer shop

An alternating three-phase current with a frequency of 50 Hz is used for the production and distribution of electricity.

The use of three-phase current is justified by the greater economy of networks and electrical installations in comparison with power networks and installations of single-phase alternating current and the possibility of using asynchronous and synchronous electric motors, which are more reliable, economical, cheap and easy to operate, in addition, the use of alternating three-phase current makes it possible to use measuring current transformers (tensions).

Also, the advantage of three-phase alternating current is the redistribution of the load between phases, while avoiding "phase skew".

However, according to fire safety regulations, three-phase input refers to of a higher category of danger, as the current during short-circuiting will be significantly high.

Direct current is used in a number of industries for electric drives. Direct current electric motors are used in those cases when the conditions of the technological process require wide and smooth speed regulation of production mechanisms.

According to the terms of the power supply scheme, the company does not have direct current consumers at the wafer shop site, therefore, three-phase alternating current is used to power the asynchronous motors of the electric drive of the machines.

In electrical installations up to 1000 V, three-phase current networks with a nominal voltage of 380 V have become the most widespread. These are mainly three-phase current networks that work in four-wire mode and are used to power lighting installations and low-power electric motors.

The circuit with a voltage of 380 V satisfies two conditions for supplying consumers:

- the possibility of simultaneous powering of lighting devices and electric motors;
- relatively low voltage (220 V).

We use a voltage of 380 V to power the consumers of the low side of the enterprise's wafer shop section.

The choice of the voltage of the supply and distribution networks depends on the distance of the KTP from the power source (PS 110/10), the voltage of the power source, the number and unit power of electrical receivers.

A voltage of 10 kV is used at large and medium-sized enterprises at the first stage of electricity conversion in the absence of a deep-entry substation, and at the second stage in the presence of DHW. In the absence of a significant number of high-voltage electric motors, preference should be given to a voltage of 10 kV.

In busbar electrical installations, one or two busbar systems are most often used.

The advantages of installations with one system of busbars include the simplicity and low cost of the distribution device.

Disadvantages: 1) for the repair of prefabricated tires, it is necessary to disconnect all power sources, which leads to interruption of the operation of the electrical installation for the entire duration of the repair work; 2) to repair the circuit breaker of any regeneration line, it is necessary to disconnect the line and stop powering its electrical consumers for the entire time of the circuit breaker repair.

One busbar system can be made sectioned or non-sectioned. It can be sectioned with a disconnect or switch. Sectioning allows you to repair busbars section by section, that is, when disconnecting only one section of busbars. One of the best schemes is a scheme with one busbar system divided by a circuit breaker. The advantages of this method are that one of the sections is always in operation, even in the event of a short circuit on the busbars. This allows the use of one bus system in installations that supply electricity consumers of the I-th and II-th categories.

Taking into account all the advantages and disadvantages, we accept one busbar system, which is sectioned by a switch.

1.2 Description of the main electricity consumers of the wafer shop

In the diploma project for the calculation of electrical loads, we will take the electrical equipment located in the wafer shop. The following electrical equipment is used in the wafer manufacturing process:

Dough mixer

The mixing of the waffle dough mixture is carried out using a motor with a lower bed. The prepared waffle dough is transferred directly to the waffle oven or to the dough tank using a pump. There is a drain valve at the bottom for use in cleaning.

Automatic oven for baking waffles

The size of the furnace sheets is 350*700 mm. The furnace works due to the gas system using methane and propane. The oven is equipped with a gas leakage protection system, a warning and emergency stop system, a system for automatic dough distribution and control, automatic ignition, burning and flame control. A fully automatic dough pump with a by-pass system prevents dough dripping. Furnace covers are made of Cr-Ni material and equipped with a special insulating material that prevents heat loss, the edges of the covers are also equipped with special gaskets. The body and moving parts of the automatic wafer oven are made of a special alloy and processed on CNC machines. The moving parts are equipped with special C4 heat-resistant bearings and a system of heat-resistant bushings. The special design of the furnace allows working with high temperatures and consists of two separate groups: lower and upper. The oven is equipped with an automatic system for removing the wafer sheet with the help of air. The oven is controlled from the PLC screen.

Sheet cooling device

This device is used to cool off-the-oven wafers to ambient temperature, to relieve stress created by the baking process, to reject substandard wafers, and to stack the wafers. Wafer sheets of inappropriate quality are determined using sensors at three control points and rejected. All bearing parts of the device and parts in contact with the product are of high quality. The supply of freshly baked wafer sheets from the oven to this stainless steel device is automatic, and after air cooling, it is also automatically transferred to the next unit. In normal operation mode, with each arrival of the product, the lifting mechanism goes one step and stops due to the sensors. The sheet enters the device, one step and a set wait are performed, and at the next step the sheet is ejected. O-shaped tapes are used at the entrance and exit.

Device for spreading cream

The device can provide a smear with cream of one or two colors (at the request of the client). When spreading, the tape method is used (at the request of the client). To ensure homogeneity of the cream, the cream tank is equipped with a mixing mechanism. To prevent freezing during cream spreading, a thermostat-controlled heater is installed in the drum. For a more efficient use of the cream, under the tank works synchronously with the spreading and ensures repeated feeding of the cream. The number of layers of wafers and cream can be changed at the request of the client. Minimum 3 (2 sheets 1 cream) layer, maximum 9 layers (5 sheets 4 cream). The upper wafer sheet runs along the upper path of the device, so no cream is applied to it. A system of paired cylinders is used to evenly apply the cream to each layer at the output. The spreading device works with a productivity of 32 sheets. The device is made of 304-quality stainless steel.

Spiral cooling tunnel

The spiral tunnel, which operates at different levels, is designed for higher productivity. The spiral system provides high efficiency with limited use of space. Unlike belt conveyors, which consume much more energy and take up more space, the spiral tunnel consumes much less energy, while using up to 100 meters of carrier belt. The spiral tunnel works fully automatically. Production is carried out without manual intervention in compliance with all hygienic standards. Time, energy, efficiency of use, ease of use, high productivity, influence on the course of preparation and serving of the product, compliance with hygienic standards of food production and saving space are some of the advantages of the spiral system. The control panel can be programmed for different products. The device operator selects the product to be processed and sets the speed of the spiral system, thus changing the performance of the tunnel. A spiral cooling tunnel is used to cool wafers covered with cream and nuts without turning over the wafer sheets. Air fans are used for air circulation. To maintain a low temperature and prevent its loss, the spiral tunnel is placed in a special cold cabin, the walls of which are made of 8-centimeter material. The spiral tunnel is equipped with a counterweight of 10 kg. If the limit is exceeded, the corresponding sensor stops the system and protects the device from damage. Each level of the tunnel is equipped with a sensor to prevent lifting and breaking of the tape.

Automatic wafer cutting device

The device serves for automatic cutting of wafer sheets on which cream was previously applied. The device is equipped with an automatic stacking mechanism. Management is carried out by the PLC control system. The device is equipped with a knife cutting mechanism.

The device is made of Cr-Ni 304 quality material. For safety purposes, the lids are equipped with transparent mica. Wafer blocks first pass through the first cutting unit, then advance to the second. Easy replacement of the cutting mechanism is possible.

Distribution shop

This device is placed after the cutting mechanism, and serves to further advance the cut wafers in even rows with a predetermined space in the length and width of the wafer for further covering them with chocolate. Feeding of cut wafers to the chocolate coating device is carried out automatically. Depending on the size of the cut wafer, the distribution spiral divides them into 11 rows. All surfaces with which the product comes into contact are made of stainless steel. A perforated stainless steel sheet is used to clean wafer crumbs and dust.

Automatic cream mixer

The double mixer performs the mixing, kneading and mixing of the solid amplifier GG; semi-solid materials such as dough, powders, cream, paste, slurries, slurries, etc. The machine is used for mixing finely ground wheat flour, béchamel sauce, polyester putty, glass putty, silicon, rubber, iron compounds, solvents, glues, liquid soap, liquid detergent, ceramic powders, etc. There are various types of designs that meet the requirements technological process, including a jacket for heating the GG amplifier; cooling, extrusion system for lateral discharge of material, forming of a stamp of the finished product, automatic tilting of the bowl and top cover.

The material is loaded through the top of the container, typically 40 to 65 percent of the mixer's total volumetric capacity. The rotation of the blades occurs through heavy drive systems, usually consisting of an engine, gearbox, clutches and gears. The speed of the mixer tip is usually limited to 60 meters per minute. Mixing can be done at ambient temperature or under controlled temperature conditions. The drinkers of the mixer can be

equipped with casings for the circulation of hot or cold media to maintain the necessary temperature conditions inside the mixer. Discharge of material from the mixer tank occurs either by tilting the mixer tank, the bottom outlet valve or through the extruder / screw located at the bottom between the two chute compartments. The mixer can be equipped with any of these unloading devices.

1.3 Requirements for the power supply system of the wafer shop

Consumers of electrical energy of the wafer shop are asynchronous motors of machine tools, converters and lighting.

Such consumers of electrical energy create a uniform and symmetrical load on all three phases.

Power supply of current receivers must be reliable, uninterrupted and economical. Therefore, we classify the power supply of current receivers of the wafer shop into the second category of power supply.

In accordance with the requirements of the Rules for the Arrangement of Electrical Installations (PUE), consumers of electrical energy classified in the 2nd category must be supplied with electrical energy from two independent power sources, as a disruption of the electrical supply can lead to a disruption of technological processes in the production premises and make negative changes in the daily life of employees enterprises.

Thus, a 10/0.4 kV step-down transformer substation with two power transformers will be built in the load center of the company's consumers, the power of which will be determined based on the estimated power of consumers on the low side of the substation.

The use of a single-transformer substation will make it difficult to reserve current receivers, because consumers of all three reliability categories will receive from the transformer substation.

Therefore, it is necessary to take into account the power and number of consumers, the level of reliability of electricity supply not to consumers as a whole, but to those that are included in their composition of individual current receivers when choosing a scheme and system of an electrical network.

The decision made regarding the option of the power supply system for consumers of PJSC "Dominik" should be based on the technical and economic indicators of the

system as a whole, which are determined by the sum of the costs of external and internal power supply.

An interruption in the electricity supply of electricity consumers of the waffle shop can lead to a mass shortage of products, mass downtime of workers, mechanisms and industrial transport, and disruption of the normal activities of a significant number of people. Therefore, the electric receivers of this substation belong to the 2nd category of electric receivers in terms of power supply reliability.