

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування інституту)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного

(повна назва кафедри)

МЕНЕДЖМЕНТУ

**Пояснювальна записка
до бакалаврської дипломної роботи**

Бакалавр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «ЛАКОМКА» ТИВРИВСЬКИЙ
РАЙОН

Виконав: студент 4 курсу, групи E-17мс
6.050701 – електротехніка та електротехнології

(шифр і назва напрямку підготовки)

Зелінський В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Шулле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ - 2020 року

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр

Напрямок підготовки – 6.050701– електротехніка та електротехнології

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

«___» _____ 2020р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ
Зелінський Владислав Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи електропостачання Товариства з обмеженою відповідальністю «Локомка» Тиврівського району
керівник роботи Шулле Юлія Андріївна, к.т.н., доц.,
затвержені наказом по ВНТУ від «___» _____ 2019 року, № _____
2. Строк подання студентом роботи «___» січня 2020 року.
3. Вихідні дані до роботи: Генплан підприємства; план одного із цехів з технологічними плануваннями, відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства та цеху; відомості про джерела живлення; відомості про перспективу розвитку підприємства.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.
Анотація
Вступ
1 Загальні відомості про підприємство
1.1 Характеристики технологічного процесу і оцінка категорійності споживачів електроенергії
1.2 Відомості про електроспоживачі підприємства
2 Розрахунок електропостачання цеху
2.1 Вибір схеми цехової мережі
2.2 Розрахунок електричних навантажень цехових мереж
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі
3 Розрахунок електропостачання підприємства
3.1 Розрахунок навантажень підприємства
3.2 Розрахунок потужності трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції
3.3 Вибір місць для розміщення підстанцій
3.4 Вибір схеми електропостачання
3.5 Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників
4 Розрахунок струмів КЗ і перевірка отриманих рішень

- 4.1 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі
 4.2 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В
 5 Економія електроенергії при автоматизації управління освітлювальними установками
 6 Охорона праці
 Висновки
 Література

5. Перелік графічного матеріалу.

- Генплан підприємства із картограмою навантажень і розподільною мережею
- План цеху і силової мережі
- Розрахунково-монтажна таблиця
- Однолінійна схема електропостачання підприємства

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «___» грудня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз системи електропостачання підприємства		
2	Дослідження з актуальної для підприємства тематики		
3	Охорона праці		
4	Графічна частина роботи		

Студент _____
(підпис)

Зелінський В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської
дипломної роботи _____
(підпис)

Шулле Ю.А.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Анотація.....	4
Аннотация.....	5
Вступ.....	6
1 Загальні відомості про підприємство.....	8
1.1 Характеристики технологічного процесу і оцінка категорійності споживачів електроенергії.....	8
1.2 Відомості про електроспоживачі підприємства.....	14
2 Розрахунок електропостачання цеху.....	16
2.1 Вибір схеми цехової мережі.....	16
2.2 Розрахунок електричних навантажень цехових мереж.....	17
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової мережі...20	
3 Розрахунок електропостачання підприємства.....	24
3.1 Розрахунок навантажень підприємства.....	24
3.2 Розрахунок потужності трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції.....	27
3.3 Вибір місць для розміщення підстанцій.....	29
3.4 Вибір схеми електропостачання.....	31
3.5 Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників.....	32
4 Розрахунок струмів КЗ і перевірка отриманих рішень.....	34
4.1 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі.....	34
4.2 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В.....	37
5 Економія електроенергії при автоматизації управління освітлювальними установками.....	40
6. Охорона праці	45
Висновки.....	57
Література.....	58
Додатки.....	60

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Зелінський В. В. Розробка системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Лакомка» Тиврівського району. Бакалаврська дипломна робота. Напрямок підготовки 6.050701 – «Електротехніка та електротехнології». – Вінниця: ВНТУ, ФЕЕЕМ. Кафедра ЕСЕЕМ, 2020 р.

Розроблено систему електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Лакомка» Тиврівського району. Виконано розрахунок електричних навантажень розрахункового цеху та підприємства в цілому.

Вибрана оптимальна схема електропостачання, кількість та потужність трансформаторів. Проведено розрахунок струмів КЗ. Вибрано основне обладнання робота якого забезпечується як в нормальних, так і в аварійних режимах.

Ст. 60

Бібл. 13

Табл. 17

Рис. 9

УДК 621.311

АННОТАЦИЯ

Зелинский В. В. Разработка системы электроснабжения общества с ограниченной ответственностью «Лакомка» Тывровского района. Бакалаврская дипломная работа. Направление подготовки 6.050701 – «Электротехника и электротехнология». – Винница: ВНТУ, ФЭЭЭМ. Кафедра ЭСЭЭМ, 2020 г.

Разработано систему электроснабжения «электроснабжения общества с ограниченной ответственностью «Лакомка» Тывровского района. Сделан расчет электрических нагрузок расчетного цеха и предприятия в целом.

Выбрана оптимальная схема электроснабжения, количество и мощность трансформаторов. Проведено расчет токов КЗ. Выбрано основное оборудования работа которого обеспечивается как в нормальных так и в аварийных режимах.

Ст. 60 Библ. 13 Табл. 17 Рис. 9

ВСТУП

Актуальність проектування системи електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Лакомка» полягає в правильному виборі та синтезі системи електропостачання підприємства. Актуальним є вибір раціональних схем живлення, сучасного електрообладнання, провідниково-кабельної продукції.

Мета роботи: спроектувати систему електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Лакомка» на основі діючих методик розрахунку, при цьому виконати розрахунки зовнішньої та внутрішньої електромережі, електричних навантажень, здійснити вибір електрообладнання та розрахувати місце розташування трансформаторних підстанцій, розрахувати компенсацію реактивної потужності та вибрати необхідні компенсуючі пристрої.

Всі питання повинні відповідати необхідним рівням надійності, якості електроенергії, зручності в експлуатації і економічності так як розвиток структури системи електрозабезпечення і збільшення потужності електроспоживачів збільшують вимоги до економічності і надійності роботи підприємства із-за зміни структури і характеру споживачів електроенергії.

Призначення даної роботи: набуття практичних навичок проектування систем електропостачання на завершальному етапі навчальної підготовки; мета - виконання аналізу і розрахунку конкретної системи електропостачання а також систематизація, закріплення і розширення теоретичних та практичних знань, здобутих при оволодінні загальноінженерних та спеціальних дисциплін.

Об'єктом проектування є система електропостачання товариства з обмеженою відповідальністю «Лакомка».

Предметом дослідження є інженерні методи розрахунків та оптимального вибору систем електропостачання підприємства.

Методи дослідження. При проектуванні використовуються сучасні технології, прийняті в проектній практиці, методи розрахунку електричних навантажень, вибору провідників та кабелів, вибору електрообладнання,

загальні закони електротехніки, а також загально прийнятий математичний апарат.

Наукова новизна. Застосування сучасних проектних методик дозволить значно покращити інженерні рішення, скоротити час на проектні роботи, обрати обладнання, яке буде працювати в оптимальному режимі, що забезпечить надійну та безвідмовну роботу системи електропостачання підприємства.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Характеристики технологічного процесу і оцінка категорійності споживачів електроенергії

Сушіння насіння

Насінневі оболонки насіння соняшнику високогігроскопічні, маса їхня становить понад 10% маси насінини. Цю властивість його беруть до уваги, визначаючи раціональні способи сушіння: чергування сушіння, охолодження та відволожування.

Рівноважна вологість компонентів насінини неоднакова: більша в оболонки і менша в ядра.

У практиці обробки та зберігання насіння соняшнику вважається сухим, якщо вологість його становить до 7%, середньої сухості - 7-8, вологим - 8-9, сирим - понад 9 відсотків.

Незадовільні міцність плодової оболонки, теплопровідність та термолабільність білкової і жирової часток насінин соняшнику, підвищену пожежну небезпеку треба враховувати при виборі способів і конструкції сушарок для їхнього сушіння. Крім того, під час післязбиральної обробки насіння існує небезпека підвищення кислотного та йодного числа, зміни харчових властивостей олії.

Для сушіння насіння соняшнику краще застосовувати швидке подавання повітря з високою температурою, ніж тривале з низькою. Щоб випарувати 1 кг води, треба затратити близько 2,7 МДж теплоти, а для випаровування такої самої кількості води в насінні соняшнику - понад 6 МДж у шахтних та близько 4 МДж - у рециркуляційних сушарках. Сушіння треба проводити швидко, з мінімальними затратами теплоти та електроенергії.

На випаровування вологи впливають переважно два фактори: волого- і термовологопровідність. Під час випаровування вологи поверхневі шари насіння підсушуються, тобто створюється градієнт вмісту вологи, коли

всередині його вологи більше, ніж на поверхні. Це спричинює переміщення вологи до поверхневих шарів насіння, і сушіння відбувається тим інтенсивніше, що вища температура нагрівання.

До 90% маси насіння соняшнику сушать у шахтних сушарках, хоча при цьому спостерігається нерівномірність нагрівання (до 20°C) насіння, а за підвищеної його засміченості можливе загоряння. Крім того, завантаження в шахту неочищеного вороху спричинює самосортування насіння, за якого легші компоненти розміщуються біля стінок сушарки і зменшується швидкість руху повітря в пристінній зоні. Тому шахтні сушарки вдосконалили: короби замінили напівкоробами, в результаті відстань від бічної стінки до коробів збільшилася з 4-6 до 10-11,5 см. Завантажувальний пристрій для уникнення самосортування переобладнали: замість одного струменя ворох сиплеться 4-6 струменями.

Нині для сушіння насіння соняшнику вологістю до 15% ефективною є висока температура нагрівання насіння (75°C), за якого подають теплоносій з температурою 160...180°C в обидві зони сушильної камери. За вологості насіння понад 15% температура нагрівання його становить 65...70°C, а температура теплоносія в першій і другій зонах сушильної камери, відповідно, - 160 і 140°C. Щоб інтенсифікувати процеси сушіння насіння соняшнику, встановлюють додатковий бункер, що дає змогу попередньо нагрівати насіння за допомогою різних підігрівачів, в яких воно перебуває 10-12 с. Поєднання попереднього підігрівання насіння соняшнику з рециркуляційним сушінням забезпечує більшу економічність цього процесу. Режимми попереднього підігрівання насіння такі: насіння вологістю до 14% - температура повітря - 140°C; вологістю понад 14% - 180-140°C. За один цикл можна знизити вологість насіння більш як на 10%. Витрата теплоносія на одну погонну тонну насіння соняшнику становить 2163 м³/год. Такий спосіб сушіння насіння соняшнику найефективніший (інтенсивність висушування набагато вища, ніж зернових). Для сушіння найчастіше використовують рециркуляційні сушарки «Цілинна-20» або «Цілинна-50».

Сушіння в барабанних сушарках

Особливість сушіння насіння соняшнику в барабанних сушарках полягає в такому: що вища вологість насіння, то вища температура нагрівання. Недолік - часткове самообрушення насіння. Тому барабанні сушарки переобладнують так, щоб насіння в них перебувало протягом 14 хв (удвічі менше), температура теплоносія на вході становила 250...350, на виході 50...80°C, а температура нагрівання насіння не перевищувала 50° Цельсія.

Для сушіння насіння соняшнику сконструйовано барабанні сушарки з двома барабанами - внутрішнім і зовнішнім (з діаметрами, відповідно, 175 і 100 см). Внутрішній барабан має 8 лопатей, які переміщують насіння до торця барабана, після чого насіння потрапляє у зовнішній барабан і рухається у зворотному напрямку. Теплоносій подається у внутрішній барабан і виходить із зовнішнього. Максимальна температура нагрівання насіння - 55°C, температура теплоносія на вході - 250...350°, на виході - 50...60°C. Охолоджується насіння в охолоджувальних колонках.

У результаті подальшого вдосконалення сушіння на барабанних сушарках було збільшено нахил у бік завантаження до 3°. У технологічну схему ввели (як і на шахтних сушарках) додаткові бункери - для нагромадження та для відволожування насіння, укомплектували чотирма барабанами, після чого продуктивність сушарки збільшилася вдвічі. Так, за один цикл сушіння вологість насіння знижується на 7-8 відсотків.

Деякі комплекси також вдосконалили. Наприклад, у барабанних сушарках встановили насадку по всій довжині барабана, через яку подається теплоносій. Теплоносієм є повітря, підігріте в багатосекційному електрокалорифері. В барабанних сушарках можна регулювати також тривалість перебування насіння в сушарці, змінюючи частоту обертів барабана та кут його нахилу. Такі сушарки використовують тоді, коли кількість насіння соняшнику невелика.

Для сушіння соняшнику насінневого призначення використовують камерні сушарки (4- або 12-камерні). Залежно від вологості насіння, висота

насипу коливається від 50 до 70 см. Напрямо подання теплоносія змінюють через кожні 4-6 год. Температура теплоносія - 43...45°C за вологості насіння понад 20% або 46...50°C за вологості 14-20% та 50...55°C за вологості менше 14%. Питомий об'єм подавання повітря становить 500-700 м³/т за годину. Насіння вологістю 19-20% за такого режиму треба сушити протягом близько 60 год. Тому для запобігання можливому псуванню насіння за цей час у камерних сушарках його сушать вологістю не вище 13-14 відсотків.

Невеликі партії насіння соняшнику сушать у вентиляльованих бункерах, обладнаних калориферами, з питомим об'ємом подавання повітря близько 500 м³/т за годину. Для уникнення нерівномірності висушування насіння його періодично пересипають з бункера в бункер.

При вологості насіння не вище 13% для його сушіння використовують усі типи установок активного вентиляювання. В типових сховищах місткістю 3200 т найчастіше використовують вентилятори СВУ-1Б. Вони складаються з 10 здвоєних магістральних каналів, які розміщені впоперек поздовжньої осі сховища. Канали вкривають щитами. Вони мають довжину 19 м, ширину - 0,4, глибину - 0,5 на початку та 0,07 м у кінці. Відстань між каналами - 2,3-2,9 м. Повітря подають вентиляторами ТВУ-2, під час вентиляювання питомий об'єм подавання його має бути максимальним. Насіння вологістю близько 13% насипають заввишки не більше 1,7 м, а питомий об'єм подавання повітря його - не менше 300 м³/т за годину. За вологості насіння менше 9-10% висоту засипання збільшують до 2,5-2,7 метра.

Особливість зберігання

Особливість зберігання насіння соняшнику для виготовлення олії зумовлена тим, що нерівномірна за вологістю маса, яка надходить від комбайнів, унаслідок високої інтенсивності дихання насіння швидко зігрівається. На відміну від зернових, у самозігріванні соняшнику розрізняють 4 стадії:

1. Температура насіння підвищується від 15 до 25°C - колір, запах та сипкість насіння не змінюються;
2. Температура підвищується до 40°C у результаті дихання насіння та бурхливого розвитку мікрофлори - насіння стає дефектним, покривається пліснявою, має затхлий запах, гіркий смак, втрачає блиск, зростає його кислотність, знижується схожість, втрачається сипкість, і насип ущільнюється;
3. Температура підвищується від 40 до 55°C - розвиваються термофільні бактерії, посилюються гіркий смак та затхлий запах, оболонки темніють, ядро жовтіє, схожість досить низька, кислотність зростає до 15-16 мг КОН на 1 г жиру;
4. Температура підвищується до 55°C і більше внаслідок активної діяльності термофільних бактерій та внаслідок процесів, що розвиваються, кислотність зростає до 30-35 мг КОН на 1 г жиру, дефектність насіння становить 100 відсотків.

Насіння соняшнику надійно зберігається лише за вологості менше 7% і температури не вище 10°C. За вологості 8% і температури 20°C воно може зберігатися 1,5 міс., за 10°C - 4,5 міс., за 1°C - понад 6 місяців.

Особливо швидко псується травмоване насіння соняшнику (найбільше - високоолійних сортів). Під час збирання вологість смітної домішки вдвічі більша за вологість основної маси, на ній багато мікрофлори, тому навіть на короткочасне зберігання насіння можна закладати тільки за режиму охолодження, причому ефективним є лише охолодження за допомогою холодильних машин ХМВ-1-30, Г 100 (Німеччина).

Добре зберігається насіння соняшнику в регульованому газовому середовищі, %: кисню - 1, вуглекислого газу - 1,5-2, решта - азот. Гідролітичні процеси при цьому не припиняються, але інтенсивність їхня нижча, і насіння вологістю 8% та з дещо підвищеним кислотним числом (1,3 мг КОН) і температурою 5...10°C може без псування зберігатися протягом 4 міс., а за вологості 10% - лише 50-60 діб.

Партії соняшнику, призначені для виготовлення соняшникової олії для дитячого харчування, розміщують та транспортують окремо. Також окремо зберігають партії соняшнику, що різняться за вологістю і засміченістю. Це важливо для подальшої переробки насіння соняшнику.

На тривале зберігання закладають соняшник з вологістю не більше 7% і смітною домішкою не більше 2%. За умов постійного вентилявання тимчасово (до 1 місяця) можна зберігати соняшник з вологістю до 9%, засміченістю до 3 відсотків

Оцінка категорії споживачів електроенергії

У відношенні забезпечення надійності електропостачання електроприймачі поділяють на три категорії:

Електроприймачі I категорії - електроприймачі, перерва електропостачання яких може призвести до небезпеки життя людей, до значного збитку народному господарству, виходу із ладу дорогого основного обладнання, до масового браку продукції, розладу складного технологічного процесу, порушення функції важливих елементів комунального господарства.

Електроприймачі II категорії, електроприймачі перерва електропостачання яких призводить до масового недовідпуску продукції, масовим простоям робітників, механізмів і промислового транспорту.

Електроприймачі III категорії - всі інші електроприймачі, які не підходять по визначенню I і II категорії.

Підприємство ТОВ «Лакомка» відноситься до III категорії.

1.2 Відомості про електроспоживачі підприємства

Генплан ТОВ «Лакомка» показано на рис. 1.1. Відомості про електричні навантаження подані в табл. 1.1.

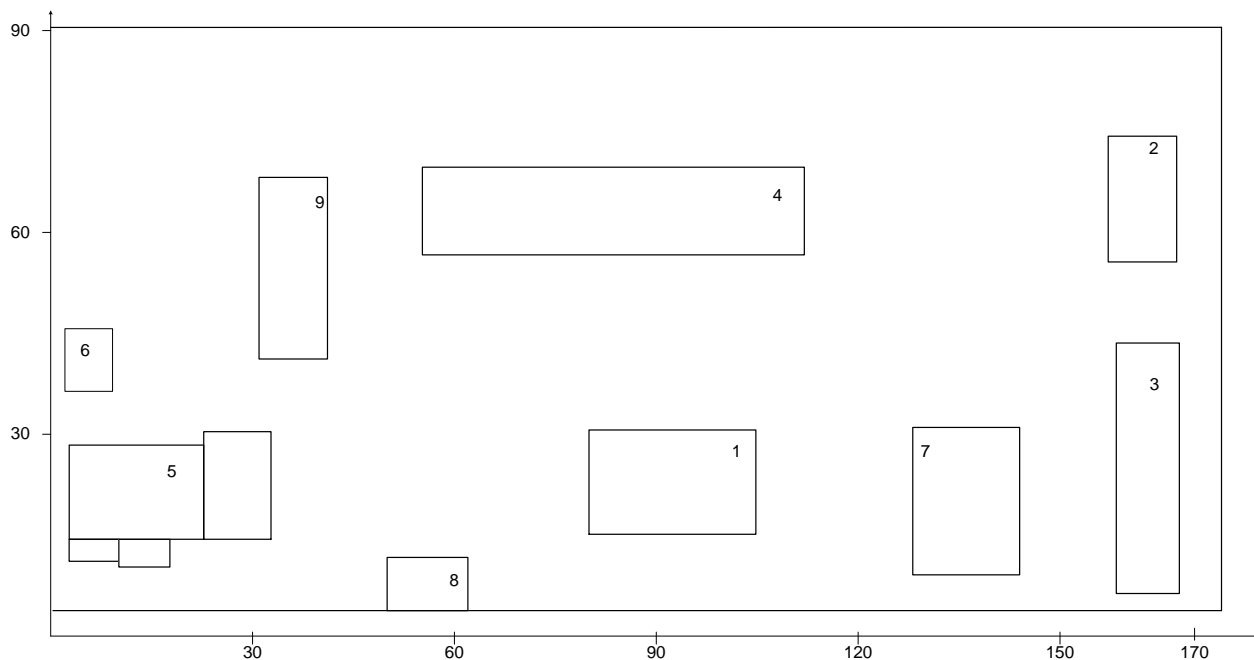


Рисунок 1.1 – Генплан ТОВ «Лакомка»

Таблиця 1.1 – Відомості про електричні навантаження

Назва цеху	P_n
1. Цех виробництва	15
2. Столова	3
3. Гуртожиток	12
4. Цех виготовлення продукції	165
5. Адміністративний корпус	15
6 Цех виробництва політєленової плівки	60
7. Гараж автомобільний	3
8. Прохідна	3
9. Склад	3

План цеху показано на рис. 1.2. Відомості про електричні навантаження цеху подані в табл. 1.2.

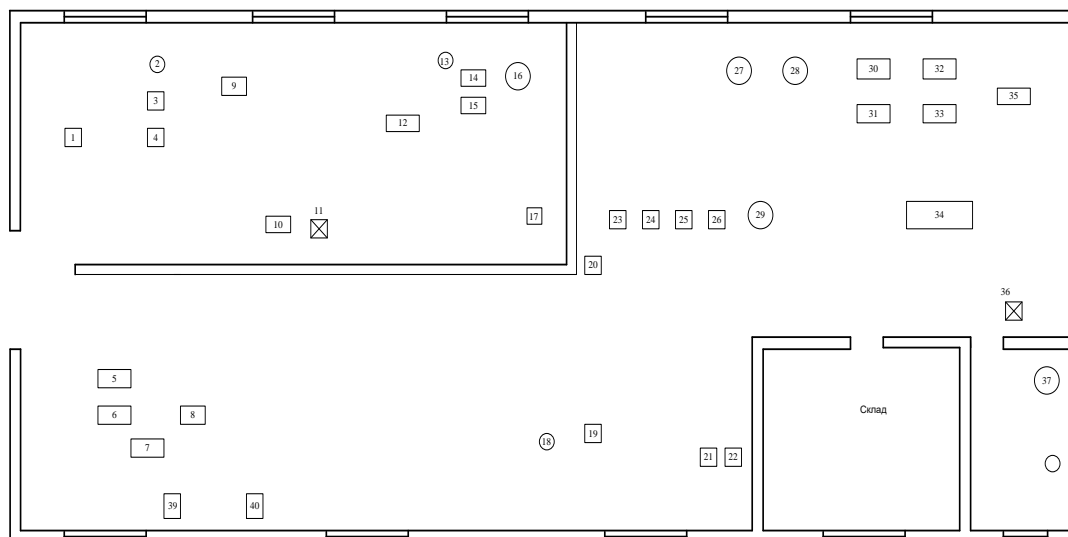


Рисунок 1.2 – План цеху

Таблиця 1.2 – Відомості про електричні навантаження цеху

Назва	Позначення	P_n
Гранулятор	1,4	0,3
Вентилятор	2	1,7
Центрифуга	3	1,5
Сушилка	5	7
Агрегат спінювання	6,8,9,15	4,5
Прес-машина	7	10
Газодувка	10	2,2
Тельфер	11,36	3
Верстат для різання	12	6
Вентилятор	13,18,38	3,5
Пакувальна машина	14	4,5
Подрібнювач відходів	16,27,28	2,8
Сушилка	17,19	8
Газодувка	20-22	1,7
Технологічна лінія полімеризації	23-26	1,7
Формовочна машина	30,31	5
Установка для виготовлення продукції	32,33,35	5
Подрібнювачі відходів	34	14
Змішувач	37	3
Формовочна машина	39,40	8

2 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Вибір схеми і конструктивного виконання цехової мережі

В залежності від схеми цехової мережі поділяють на радіальні, магістральні і змішані.

Радіальними називають мережі, в яких для передачі електричної енергії до споживача використовується окрема лінія.

Магістральними називають мережі, в яких для передачі електроенергії до декількох споживачів використовується одна лінія електропередачі.

На основі аналізу розміщення технологічного обладнання вибираємо змішану схему цехової мережі (рис.2.1). Кабелі від ТП прокладені в землі. Приєднання ЕП до РП здійснюється проводом, прокладеним в трубах.

Складаємо схему цехової мережі (рис. 2.1).

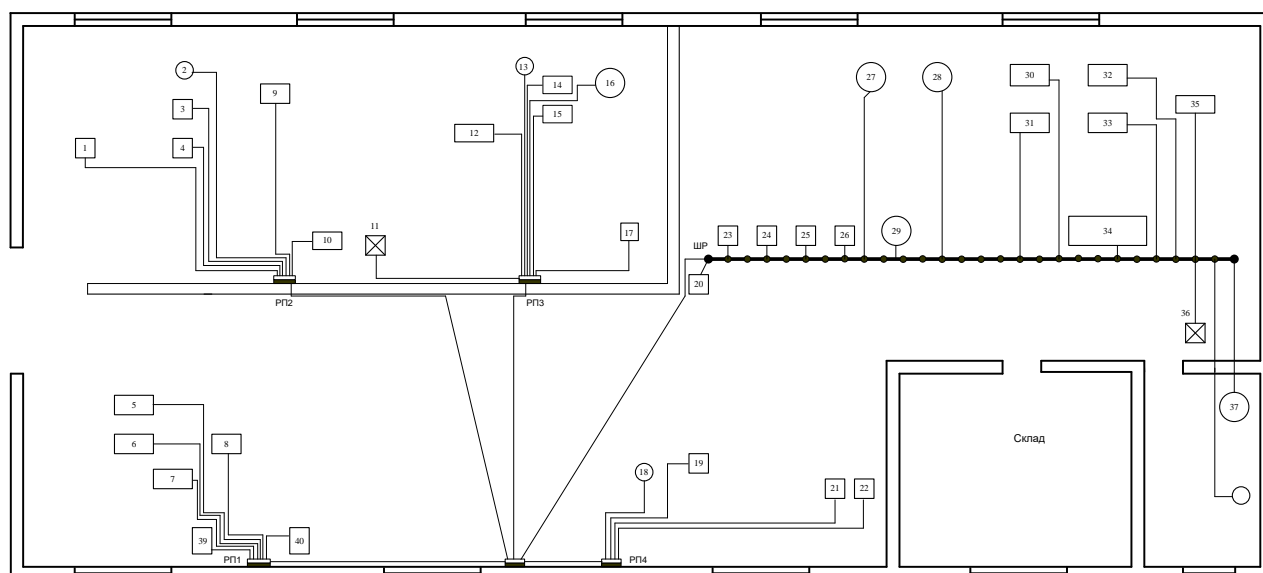


Рисунок 2.1 – Схема цеху

2.2 Розрахунок електричних навантажень цехових мереж

Розрахункові навантаження окремих електроприймачів (ЕП) приймаються рівними номінальним:

$$P_M = P_{\text{ном}}; \quad Q_M = P_M \cdot \text{tg} \phi_{\text{ном}}.$$

Наведемо розрахунок навантажень електроприймачів групи А РП1 (Сушилка):

- номінальна потужність одного ЕП: $p_{\text{ном}} = 7$ кВт;

- загальна потужність: $P_{\text{ном}} = n \cdot p_{\text{ном}} = 1 \cdot 7 = 7$ (кВт).

Розраховуємо середнє активне навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$P_{\text{см}} = k_B \cdot P_{\text{ном}} = 0,25 \cdot 7 = 1,75 \text{ (кВт)}, \quad (2.1)$$

де k_B – коефіцієнт використання

Розраховуємо середнє реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну:

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg} \phi_{\text{ном}} = 1,75 \cdot 1,17 = 2,048 \text{ (квар)}. \quad (2.2)$$

Розраховуємо номінальну сумарну активну потужність електроприймачів групи А РП1:

$$P_{\text{ном.гр.А}} = \sum_{i=1}^2 P_{\text{ном.і}} = 7 + 9 + 10 + 16 = 42 \text{ (кВт)}.$$

Розраховуємо номінальну сумарну активну потужність електроприймачів, що відносяться до РП1:

$$P_{\text{ном.}\Sigma} = P_{\text{ном.гр.А}} + P_{\text{ном.гр.Б}} = 42 + 0 = 42 \text{ (кВт)}.$$

Розраховуємо сумарне середнє активне та реактивне навантаження за найбільш завантажену зміну споживачів групи А:

$$P_{\text{см.гр.А}} = \sum_{i=1}^2 P_{\text{см.і}} = 8,1 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{см.гр.А}} = \sum_{i=1}^2 Q_{\text{см.і}} = 10,373 \text{ (квар)}.$$

Розраховуємо сумарне середнє активне та реактивне навантаження за найбільш завантаженою зміну усіх споживачів, що відносяться до РП1:

$$P_{\text{см.}\Sigma} = P_{\text{см.гр.А}} + P_{\text{см.гр.Б}} = 8,1 + 0 = 8,1 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{см.}\Sigma} = Q_{\text{см.гр.А}} + Q_{\text{см.гр.Б}} = 10,373 + 0 = 10,373 \text{ (квар)}.$$

Визначаємо середній коефіцієнт використання для електроприймачів групи А:

$$k_{\text{в.ср}} = \frac{P_{\text{см.гр.А}}}{P_{\text{ном.гр.А}}} = \frac{8,1}{42} = 0,2. \quad (2.3)$$

Визначаємо ефективне число приймачів:

$$n_e = \frac{(P_{\text{ном.}\Sigma})^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}^2} = \frac{42^2}{7^2 + 4,5^2 + 4,5^2 + 10^2 + 8^2 + 8^2} = 5,56. \quad (2.4)$$

Визначаємо розрахункову активну та реактивну потужності для усіх електроприймачів групи А:

$$P_{\text{м.гр.А}} = k_m \cdot P_{\text{см.гр.А}} = 1,72 \cdot 8,1 = 13,932 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{м.гр.А}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см.гр.А}} = 1,1 \cdot 10,373 = 11,41 \text{ (квар)}, \quad (2.5)$$

де k_m – коефіцієнт розрахункового навантаження. Значення коефіцієнта для даної групи електроприймачів вибираємо рівним 1,72.

Визначаємо розрахункову активну, реактивну та повну потужності для усіх електроприймачів по РП1:

$$P_{\text{м.}\Sigma} = P_{\text{м.гр.А}} + P_{\text{м.гр.Б}} = 13,932 + 0 = 13,932 \text{ (кВт)};$$

$$Q_{\text{м.}\Sigma} = Q_{\text{м.гр.А}} + Q_{\text{м.гр.Б}} = 11,41 + 0 = 11,41 \text{ (квар)}.$$

Повна потужність:

$$S_{\text{м.}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{м.}\Sigma}^2 + Q_{\text{м.}\Sigma}^2} = \sqrt{13,932^2 + 11,41^2} = 18,01 \text{ (кВА)}. \quad (2.6)$$

Розрахунковий струм:

$$I_m = \frac{S_{\text{м.}\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{18,01}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 27,36 \text{ (А)}. \quad (2.7)$$

Аналогічно робимо розрахунки і для інших РП. Результати розрахунків заносимо в табл. 2.1.

Таблиця 2.1- Розрахунок навантажень цеху

Вузли живлення і групи ЕП	К-сть, шт.	P _{нв} , приведена до T _{нв} = 1 кВт		m	Кв	Cosφс/тgφс		P _{см} , кВт	Q _{см} ,квар	пс, шт	Км	Розрахункові максимальні навантаження			
		Одного ЕП	Всіх ЕП			Рм, кВт	Qм, квар					Sм, кВА	Im, А		
1	2	3	4	5	6	7		8	9	10	11	12	13	14	15
5	1	7	7		0,25	0,65	1,17	1,75	2,048						
6,8	2	4,5	9		0,25	0,65	1,17	2,25	2,633						
7	1	10	10		0,25	0,65	1,17	2,5	2,925						
39,40	2	8	16		0,1	0,5	1,73	1,6	2,768						
Група А	6	4,5-10	42	2,22	0,2			8,1	10,373	5,56	1,72	13,932	11,41		
РП1	6	4,5-10	42		0,2			8,1	10,373	5,56	1,72	13,932	11,41	18,01	27,36
1,4	2	0,3	0,6		0,3	0,4	2,29	0,18	0,412						
3	1	1,5	1,5		0,3	0,4	2,29	0,45	1,031						
9	1	4,5	4,5		0,25	0,65	1,17	1,125	1,316						
10	1	2,2	2,2		0,25	0,65	1,17	0,55	0,644						
Група А	5	0,3-4,5	9	15,00	0,26			2,31	3,40	2,81	2,31	5,325	3,74		
2	1	1,7	1,7		0,65	0,8	0,75	1,105	0,829			1,105	0,829		
РП2	6		10,5		0,3			3,410	4,231			6,430	4,571	7,89	11,99
11	1	3	3		0,1	0,5	1,73	0,3	0,519						
12	1	6	6		0,2	0,65	1,17	1,2	1,404						
14,15	2	4,5	9		0,25	0,65	1,17	2,25	2,633						
16	1	2,8	2,8		0,15	0,4	2,29	0,42	0,962						
17	1	8	8		0,2	0,4	2,29	1,6	3,664						
Група А	6	2,8-8	28,80	2,86	0,20			5,77	9,18	5,27	1,72	9,9244	10,10		
13	1	3,5	3,5		0,65	0,8	0,75	2,275	1,706			2,275	1,706		
РП3	7		32,30		0,2			8,05	10,89			12,199	11,806	16,98	25,79
20	1	1,7	1,7		0,2	0,4	2,29	0,34	0,779						
23-26	4	1,7	6,8		0,2	0,4	2,29	1,36	3,114						
27-29,37	4	2,8	11,2		0,15	0,4	2,29	1,68	3,847						
30,31	2	5	10		0,15	0,8	0,75	1,5	1,125						
32,33,35	3	5	15		0,3	0,8	0,75	4,5	3,375						
34	1	14	14		0,15	0,8	0,75	2,1	1,575						
36	1	3	3		0,1	0,5	1,73	0,3	0,519						
Група А	16	2,8-14	61,700	8,24	0,15			11,780	14,334	10,13	1,65	19,437	15,77		
38	1	3,5	3,5		0,65	0,8	0,75	2,275	1,706			2,275	1,70625		
Ш			65,200		0,2			14,055	16,040			21,712	17,47	27,87	42,34
19	1	8	8		0,2	0,4	2,29	1,6	3,664						
21	1	1,7	1,7		0,2	0,4	2,29	0,34	0,779						
22	1	1,7	1,7		0,2	0,4	2,29	0,34	0,779						
Група А	3	1,7-8	11,4	4,71	0,20			2,280	5,221	1,86	3,63	8,2764	5,74		
18	1	3,5	3,5		0,65	0,8	0,75	2,275	1,706			2,275	1,70625		
РП4			14,9									10,5514	7,45	12,92	19,62
Група А	36		152,7					30,235	42,512			56,894	46,763		
Група Б	4		12					7,93	5,9475			21,862	17,358		
Всього	40		165					38	48			50,892	41,301	65,652	99,75

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників

Спочатку вибираємо комутаційно-захисну апаратуру та необхідні провідники.

Лінія РП – РП1:

Розрахунковий максимальний струм:

$$I_M = 27,36 \text{ А (табл. 2.1)}$$

Найбільший пусковий струм:

$$I_{П.макс} = 5 \cdot I_{Н.макс} = 5 \cdot 23,37 = 116,85 \text{ (А)}, \quad (2.8)$$

де $I_{Н.макс}$ - номінальний струм ЕП, пусковий струм якого найбільший

$$I_{Н.макс} = \frac{P_{Н.макс}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos \varphi_{ном}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,65} = 23,37 \text{ (А)}. \quad (2.9)$$

Піковий струм лінії:

$$I_{П} \approx I_M + I_{П.макс} = 27,36 + 116,85 = 144,21 \text{ (А)}. \quad (2.10)$$

Вибираємо автоматичний вимикач ЕТІ ЕВ2 з номінальним струмом $I_{ном.в} = 100 \text{ А}$ і номінальним струмом розчеплювача $I_{н.розч} = 31,5 \text{ А}$.

$$I_{н.розч} = 31,5 \text{ А} > k_{відс} \cdot I_M = 1,1 \cdot 27,36 = 30,1 \text{ (А)}. \quad (2.11)$$

Струм спрацювання відсічки:

$$I_{с.в} = 220,5 \text{ А} > k_{н} \cdot I_{П} = 1,5 \cdot 74,69 = 216,32 \text{ (А)}. \quad (2.12)$$

Вибираємо найменший час спрацювання відсічки $t_{с.в} = 0,1 \text{ с}$.

Для ЕТІ ЕВ2 струм спрацювання миттєвого розчеплювача 16 кА.

Вибираємо кабель типу АВВГ 3×10+1×6 (відкрито) $I_{доп} = 38,6 \text{ А}$, $I_{доп} > I_{н.розч}$, що є припустимим при перевірці захищеності ліній.

Всі інші захисні апарати та провідники вибираємо аналогічно, а результати заносимо в табл. 2.2.

Перевіримо вибрані перерізи за допустимими втратами напруги, наприклад, на затискачах ЕП5.

Втрати напруги в лінії РП – РП1:

$$\Delta U_1 = 1 \frac{P_M \cdot R_{пит} + Q_M \cdot X_{пит}}{U_{ном}} = 45 \cdot \frac{6,43 \cdot 6,41 + 4,57 \cdot 0,098}{380} = 0,79 \text{ (В)}. \quad (2.13)$$

Втрати напруги в лінії РП1 – ЕП5

$$\Delta U_2 = 50 \cdot \frac{8 \cdot 29,64}{380} = 12,48 \text{ (В)}.$$

Загальні втрати напруги:

$$\Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 = 0,79 + 12,48 = 13,27 \text{ (В)} \quad (2.14)$$

Розрахована величина втрати напруги не перевищує допустимого значення:

$$\Delta U_{\text{доп}} = 5\% (19\text{В}).$$

Таблиця 2.2 – Вибір комутаційно-захисної апаратури і провідників цехової мережі.

Лінія	I_m , А	I_n , А	Тип захисного апарата	$I_{ном.в}$, А	$I_{н.розч}$, А	$I_{с.в}$, А	$I_{н.відк}$, кА	Спосіб прокладання	Тип провідника	S, мм ²	$I_{доп}$, А	l, м
ЦРП-РП1	27,36	144,27	ЕВ2 100/3S	100	31,5	220,5	16	відкрите	АВВГ	3×10+1×6	38,6	25
ЦРП-РП2	11,99	64,58	ЕВ2 100/3S	100	20,0	140,0	16	відкрите	АВВГ	3×4+1×2,5	25	45
ЦРП-РП3	25,79	177,72	ЕВ2 100/3S	100	31,5	220,5	16	відкрите	АВВГ	3×10+1×6	38,6	25
ЦРП-РП4	19,62	17,55	ЕВ2 100/3S	100	25	175	16	відкрите	АВВГ	3×6+1×4	29	10
ЦРП-ШР	42,34	175,28	ЕВ2 100/3S	100	50	350,0	16	відкрите	АВВГ	3×16+1×10	55	30
РП1-ЕП5	16,36	81,80	ПДС-2	20	20	-	2	в трубах	АПВ	4(1×4)	23	15
РП1-ЕП6	10,52	52,60	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4×2,5	19	12
РП1-ЕП7	23,37	116,85	ПДС-3	60	25	-	5	в трубах	АПВ	4(1×6)	30	8
РП1-ЕП8	10,52	52,60	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4×2,5	19	6
РП1-ЕП40	24,31	121,55	ПДС-3	60	25	-	5	в трубах	АПВ	4(1×6)	30	24
РП1-ЕП39	24,31	121,55	ПДС-3	60	25	-	5	в трубах	АПВ	4(1×6)	30	24
РП2-ЕП1	1,14	5,70	ПДС-1	6	2	-	1	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
РП2-ЕП3	5,70	28,50	ПДС-1	6	6	-	1	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	20
РП2-ЕП4	1,14	5,70	ПДС-1	6	2	-	1	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	18
РП2-ЕП9	10,52	52,60	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	22
РП2-ЕП10	5,14	25,70	ПДС-1	6	6	-	1	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	6
РП2-ЕП2	3,23	16,15	ПДС-1	6	4	-	1	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	25
РП3-ЕП11	9,12	45,60	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	12
РП3-ЕП12	14,00	70,00	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	16
РП3-ЕП13	6,65	33,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	22
РП3-ЕП14	10,52	52,60	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	22
РП3-ЕП15	10,52	52,60	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	20
РП3-ЕП16	10,63	53,15	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	25
РП3-ЕП17	30,39	151,95	ПДС-3	60	35	-	5	в трубах	АПВ	4(1×10)	39	10
ШР -ЕП20	6,45	32,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
ШР -ЕП23	6,45	32,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
ШР -ЕП24	6,45	32,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
ШР -ЕП25	6,45	32,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
ШР -ЕП26	6,45	32,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
ШР -ЕП27	10,60	53,00	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	20
ШР -ЕП28	10,60	53,00	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	20
ШР -ЕП29	10,60	53,00	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	3
ШР -ЕП30	9,50	47,50	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	20
ШР -ЕП31	9,50	47,50	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	20

Продовження таблиці 2.2

ШР -ЕП32	9,50	47,50	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	15
ШР -ЕП33	9,50	47,50	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	15
ШР -ЕП34	26,59	132,95	ПДС-3	60	35	-	5	в трубах	АПВ	4(1×10)	39	3
ШР -ЕП35	9,50	47,50	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	15
ШР -ЕП36	9,12	45,60	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	10
ШР -ЕП37	10,60	53,00	ПДС-2	20	15	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	15
ШР -ЕП38	8,18	40,90	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	25
РП4-ЕП18	8,18	40,90	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	5
РП4-ЕП19	30,39	151,95	ПДС-3	60	35	-	5	в трубах	АПВ	4(1×10)	39	10
РП4-ЕП21,22	6,45	32,25	ПДС-2	20	10	-	2	в трубах	АПВ	4(1×2,5)	19	25

3 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Розрахунок навантажень підприємства

Визначаємо силові розрахункові активні навантаження ЕП для окремих цехів, за методом коефіцієнта попиту (для прикладу цех з виробництва рубероїду; 0,38 кВ):

$$P_M = k_{\Pi} \cdot P_{\text{ном}} = 0,3 \cdot 15 = 4,5 \text{ (кВт)}, \quad (3.1)$$

де k_{Π} – коефіцієнт попиту [3].

Визначаємо силові розрахункові реактивні навантаження за методом коефіцієнта попиту:

$$Q_M = P_M \cdot \text{tg} \phi = 4,5 \cdot 0,48 = 2,16 \text{ (квар)}. \quad (3.2)$$

Визначаємо номінальні навантаження освітлення

$$P_{\text{н.о}} = P_{\text{пит.о}} \cdot F = 0,016 \cdot 575 = 9,2 \text{ (кВт)}, \quad (3.3)$$

де $P_{\text{пит.о}}$ – питома густина освітлювального навантаження [3];

F – площа цеху.

Визначаємо розрахункові навантаження освітлення

$$P_{\text{м.о}} = k_{\Pi,о} \cdot P_{\text{н.о}} = 0,9 \cdot 9,2 = 8,28 \text{ (кВт)}, \quad (3.4)$$

де $k_{\Pi,о}$ – коефіцієнт попиту для освітлення [3];

$k_{\text{пра}}$ – коефіцієнт втрат потужності в пускорегулюючій апаратурі [1].

Розраховуємо активну потужність по кожному приміщенню в цілому

$$P_{\text{м.Σц}} = P_M + P_{\text{м.о}} = 4,5 + 8,28 = 12,78 \text{ (кВт)}.$$

Розраховуємо реактивну потужність по кожному приміщенню в цілому

$$Q_{\text{м.Σц}} = Q_M = 2,16 \text{ (квар)}.$$

Розраховуємо повну потужність по кожному приміщенню в цілому

$$S_{\text{м.ц}} = \sqrt{P_{\text{м.Σц}}^2 + Q_{\text{м.Σц}}^2} = \sqrt{12,78^2 + 2,16^2} = 12,96 \text{ (кВА)}. \quad (3.5)$$

Розраховуємо максимально-розрахункову активну реактивну та повну потужності по підприємству в цілому

а) активна потужність

$$P_{\text{м.}\Sigma} = \sum_{i=1}^{15} P_{\text{mi}} = 157 \text{ (кВт)}, \quad (3.6)$$

де k_0 – коефіцієнт одночасності.

б) реактивна потужність

$$Q_{\text{м.}\Sigma} = \sum_{i=1}^{15} Q_{\text{mi}} = 98,162 \text{ (кВТ)}. \quad (3.7)$$

в) повна потужність

$$S_{\text{м.}\Sigma} = \sqrt{P_{\text{м.}\Sigma}^2 + Q_{\text{м.}\Sigma}^2} = \sqrt{157^2 + 98,162^2} = 185,16 \text{ (кВА)}. \quad (3.8)$$

Для спрощення усі розрахунки виконуються в табличній формі. (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Розрахунок навантажень підприємства

Вузли живлення	Силове навантаження					Освітлювальне навантаження					Всього		
	P_n , кВт	$K_{п}$	$\frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \varphi}$	P_m , кВт	Q_n , квар	F, m^2	$P_{\text{пит.о.}}$	$P_{\text{но.}}$, кВт	$K_{\text{по}}$	$P_{\text{мо.}}$, кВт	$P_{\text{мΣ}}$, кВт	$Q_{\text{мΣ}}$, квар	$S_{\text{мΣ}}$, кВА
1. Цех виробництва	15	0,3	$\frac{0,9}{0,48}$	4,5	2,16	575	0,016	9,2	0,9	8,28	12,78	2,16	12,96
2. Столова	3	0,3	$\frac{0,6}{1,33}$	0,9	1,2	100	0,013	1,3	0,6	0,78	1,68	1,197	2,06
3. Гуртожиток	12	0,3	$\frac{0,85}{0,62}$	3,6	2,23	1053	0,013	13,7	0,6	8,21	11,81	2,232	12,02
4. Цех виготовлення продукції	165	0,45	$\frac{0,7}{1,17}$	75,2	52,6	1200	0,012	14,4	0,85	12,2	87,44	52,64	124
5. Адміністративний корпус	15	0,6	$\frac{0,6}{1,33}$	9	11,9	639	0,018	11,5	0,6	6,9	12,9	11,97	17,6
6 Цех виробництва політєленової плівки	60	0,3	$\frac{0,6}{1,33}$	18	23,9	122	0,018	2,19	0,6	1,32	19,32	23,94	30,76
7. Гараж автомобільний	3	0,3	$\frac{0,6}{1,33}$	0,9	1,2	102	0,013	1,33	0,6	1,79	1,7	1,2	2,08
8. Прохідна	3	0,3	$\frac{0,9}{0,48}$	0,9	0,43	15	0,016	0,24	0,9	0,22	1,12	0,432	1,2
9. Склад	4	0,5	$\frac{0,6}{1,33}$	2,0	2,39	828	0,013	10,8	0,6	6,46	8,26	2,394	8,6
Всього	279			111	89,9	4634		64,6		45,2	157	98,16	185,2

3.2 Розрахунок потужності трансформаторів комплектної трансформаторної підстанції

На підстанції зазвичай встановлюються два однакових трансформатори такої потужності, щоб при виходу з ладу одного з них другий трансформатор забезпечив роботу основних споживачів на період відновлення пошкодженого. При цьому враховується як перевантажувальна здатність трансформаторів, так і можливість обмеження споживачів без збитків для основної діяльності підприємства. Допустимим є застосування трьох трансформаторів. Встановлення на підстанції одного трансформатора дозволяється у випадку, якщо буде забезпечена необхідна надійність електропостачання.

Споживачі I категорії повинні житися від двох незалежних джерел з автоматичним увімкненням резервного живлення. Тому для таких підприємств обов'язково передбачається встановлення двох трансформаторів.

Для підприємств II і III категорії установка одного трансформатора допустима, якщо можливим є забезпечення його заміни або ремонту на протязі однієї доби. При відсутності такої можливості необхідно передбачити живлення основних споживачів від резервного джерела, наприклад по напрузі 6, 10 кВ.

На даному підприємстві передбачається встановлення двох трансформаторів.

Номінальна потужність трансформаторів однострансформаторної КТП:

$$S_{\text{ном.т}} \geq (0,75 \div 0,8) \cdot S_{\text{м}} = (0,75 \div 0,8) \cdot 185,2 = 138,87 \div 148,13 \text{ (кВ} \cdot \text{А)}. \quad (3.9)$$

Вибираємо трансформатор ТМ-160/10 [2].

Перевіримо допустимість систематичних перевантажень трансформатора. Для цього використаємо типовий графік навантаження, який зображено на рис. 3.1.

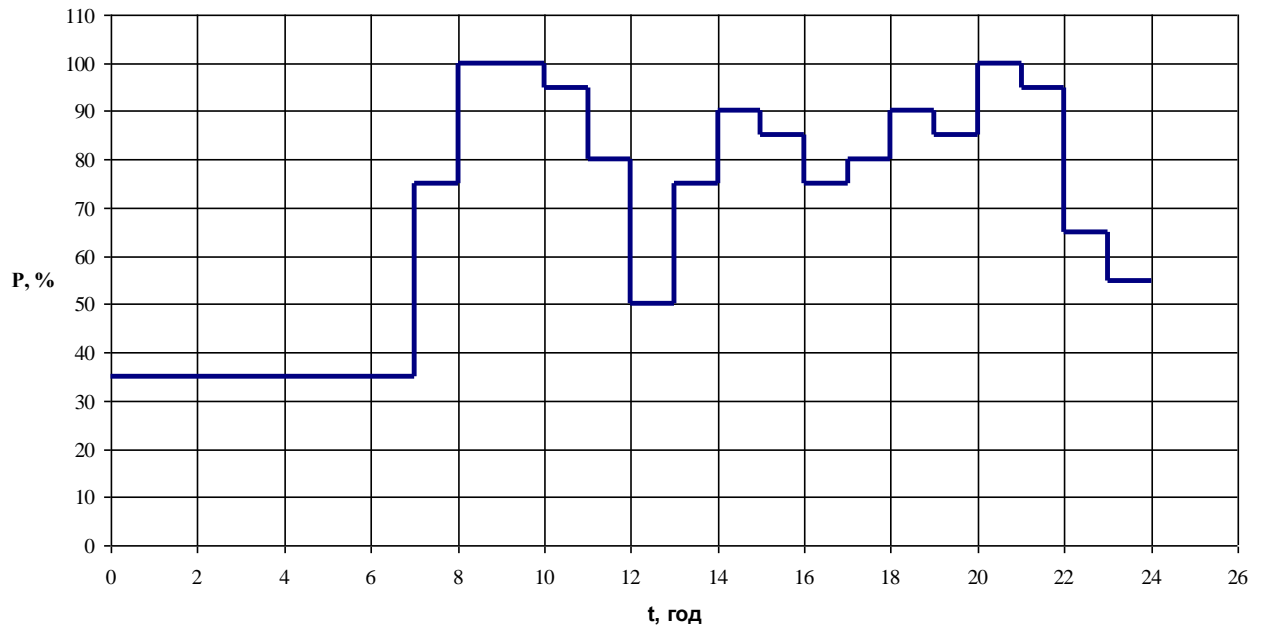


Рисунок 3.1 – Добовий графік навантаження для робочого дня

Проведемо лінію номінального навантаження:

$$S_{\text{ном.т}\%} = \frac{S_{\text{ном.т}}}{S_{\text{м}}} \cdot 100 = \frac{160}{185,2} \cdot 100 = 86 \% . \quad (3.10)$$

З графіка впливає, що тривалість перевантаження $h' = 7$ год.

Визначимо коефіцієнт початкового навантаження:

$$k_1 = \frac{1}{S_{\text{ном.т}\%}} \cdot \sqrt{\frac{\sum (S_i^2 \cdot \Delta t_i)}{\sum \Delta t_i}} = \frac{1}{86} \cdot \sqrt{\frac{35^2 \cdot 7 + 72^2 \cdot 2 + 75^2 \cdot 1 + 80^2 \cdot 2 + 50^2 \cdot 1 + 85^2 \cdot 2 + 65^2 \cdot 1 + 55^2 \cdot 1}{17}} = 0,713$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$k_2' = \frac{1}{S_{\text{ном.т}\%}} \cdot \sqrt{\frac{\sum (S_j^2 \cdot \Delta t_j)}{\sum \Delta t_j}} = \frac{1}{86} \cdot \sqrt{\frac{100^2 \cdot 3 + 95^2 \cdot 2 + 90^2 \cdot 2}{7}} = 1,11. \quad (3.11)$$

Максимальне навантаження:

$$k_{\text{max}} = \frac{S_{\text{м}}}{S_{\text{ном.т}}} = \frac{185,2}{160} = 1,157. \quad (3.12)$$

Оскільки $k_2' \geq 0,9 \cdot k_{\text{max}} = 0,9 \cdot 1,157 = 1,041$, то приймаємо $k_2 = k_2' = 1,11$ і $h = h' = 7$ год.

Порівнюючи значення k_2 з допустимими перевантаженнями, наведеними в табл.2.1 [1], можна зробити висновок про допустимість максимальних систематичних перевантажень вибраного трансформатора ($k_{2,табл.} = 1,25$).

Номинальна потужність трансформаторів двотрансформаторної підстанції:

$$S_{ном.т} \geq (0,5 \div 0,7) \cdot S_M = (0,5 \div 0,7) \cdot 185,2 = 92,58 \div 129,61 \text{ (кВА)}. \quad (3.13)$$

Максимальний коефіцієнт перевантаження $k_{max} = 1,157$ менший від $k_{2с.доп} = 1,5$. Коефіцієнти k_1 і k'_2 розраховуються так само, як і у випадку одного трансформатора. Тому $k_2 = 1,11$ і $h = 7$ год. З табл.2.2 [1] видно, що такі аварійні перевантаження допустимі (1,4). Тому можна вибирати два трансформатора ТМ-160/10.

ТОВ «Лакомка» відноситься до III категорії тому остаточно обираємо варіант з однострансформаторною підстанцією.

3.3 Вибір місць для розміщення підстанцій

Для вибору місць розташування підстанцій будується картограма та визначається центр електричних навантажень підприємства.

Вибираємо масштаб побудови картограми навантажень. Приймаємо радіус круга навантажень цеху нестандартного обладнання $r_5 \approx 20$ м. Тоді:

$$m_p = \frac{P_{M1}}{\pi \cdot r_5^2} = \frac{12,78}{3,14 \cdot 20^2} = 0,01017 \left(\frac{\text{кВт}}{\text{м}^2} \right). \quad (3.14)$$

Вибираємо $m_p = 0,02$ кВт/м².

Визначаємо радіуси кругів при даному масштабі:

$$r_1 = \sqrt{\frac{P_{M2}}{\pi \cdot m_p}} = \sqrt{\frac{1,68}{3,14 \cdot 0,02}} = 5,17 \text{ (м)}. \quad (3.15)$$

Сектор освітлення визначаємо за формулою:

$$\alpha^0 = \frac{360^0 \cdot P_{m.o.}}{P_m} = \frac{360^0 \cdot 8,28}{12,78} = 233,2^0.$$

Аналогічно розраховуємо радіуси інших об'єктів і заносимо їх значення в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Розрахунок координат центра електричних навантажень

Вузли живлення	Координати		P _м , кВт	P _{м.о.} , кВт	r _i , м	α _к [°]
	x _i , м	y _i , м				
1. Цех виробництва	92,5	20,2	12,78	8,28	20	233,2
2. Столова	165	63	1,68	0,78	5,17	167,1
3. Гуртожиток	167	15	11,813	8,213	13,71	250,3
4. Цех виготовлення продукції	75	63	87,44	12,24	37,31	50,4
5. Адміністративний корпус	12	25	12,9	6,9	14,33	192,6
6 Цех виробництва політєленової плівки	10	45	19,318	1,318	17,53	24,6
7. Гараж автомобільний	135	20	1,696	1,796	5,19	169
8. Прохідна	53	10	1,12	0,22	4,22	70,7
9. Склад	140	54	8,258	6,458	11,46	281,5
Всього			157	45,2		

Координати центра електричних навантажень:

$$x_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot x_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}} = 70,1 \text{ (м)};$$

$$y_o = \frac{\sum_{k=1}^N P_{mk} \cdot y_k}{\sum_{k=1}^N P_{mk}} = 53,7 \text{ (м)},$$
(3.16)

де x_к, y_к – координати геометричних центрів об'єктів на генплані;

N – число об'єктів.

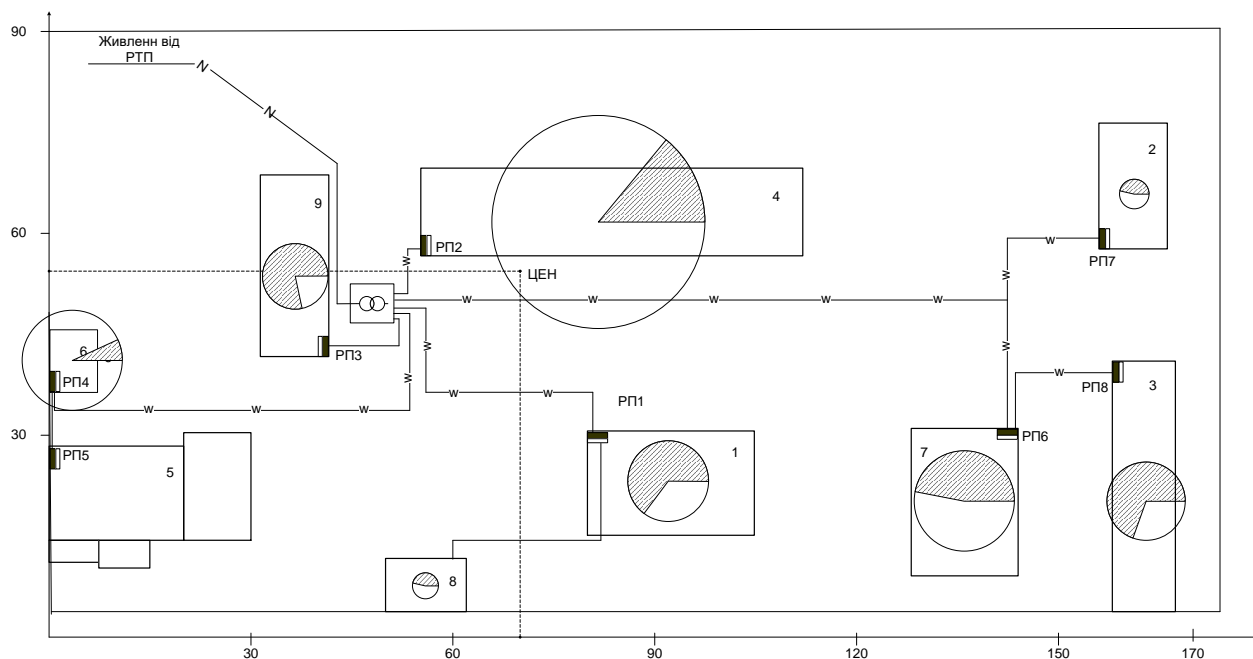


Рисунок 3.3 – Картограма навантажень підприємства

3.4 Вибір схеми електропостачання

Вибираємо радіально-магістральну схему електропостачання (рис.3.4).

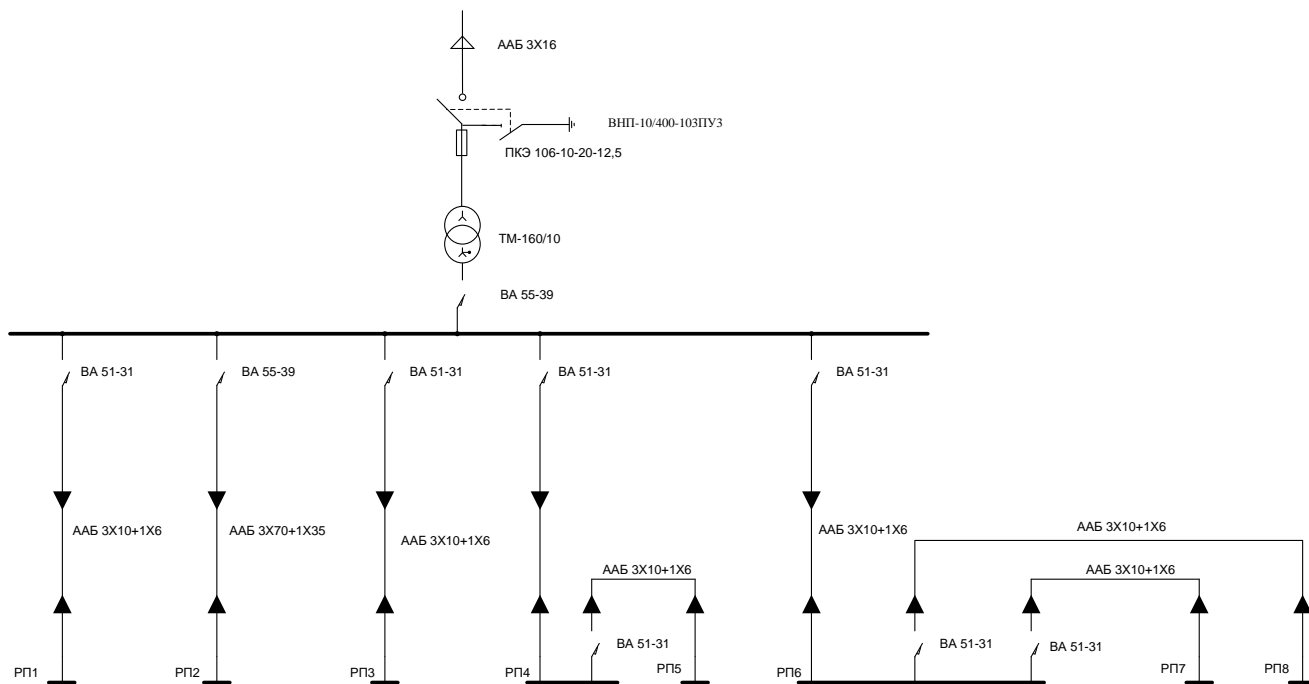


Рисунок 3.4 – Схема електропостачання підприємства

3.5 Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Вимикачі вибираються за номінальною напругою і розрахунковим струмом з врахуванням післяаварійних режимів.

$$\begin{aligned} U_{\text{ном.в}} &\geq U_{\text{ном.мережі}} \\ I_{\text{ном.в}} &\geq I_{\text{мах}} \end{aligned} \quad (3.17)$$

Переріз провідників вибираємо за економічною густиною струму:

$$s_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{м}}}{J_{\text{ек}}}, \quad (3.18)$$

де $J_{\text{ек}}$ – економічна густина струму.

Визначимо струм для нормального і післяаварійного режимів для ліній живлення підприємства напругою 10 кВ:

$$\begin{aligned} I_{\text{м}} &= \frac{S_{\text{МIV}}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{185,2}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10} = 5,35 \text{ А}, \\ I_{\text{мах}} &= 2 \cdot I_{\text{м}} = 2 \cdot 5,35 = 10,69 \text{ А}. \end{aligned} \quad (3.19)$$

Для установки на стороні 10 кВ вибираємо вимикач навантаження типу ВВП-10/400-103ПУЗ.

$$\begin{aligned} I_{\text{доп}} &\geq I_{\text{мах}} \\ 400 \text{ А} &\geq 10,69 \text{ А}. \end{aligned} \quad (3.20)$$

Визначаємо струми приєднання з максимальним навантаженням на 0,38кВ:

$$\text{КТП – РП2} \quad I_{\text{м}} = I_{\text{мах}} = \frac{S_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{124}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 188,44 \text{ (А)}. \quad (3.21)$$

Для установки на стороні 0,38 кВ вибираємо селективний вимикачі ЕТІ ЕВ2. Номінальний струм вимикачів $I_{\text{ном.в.}} = 400\text{А} > I_{\text{мах}}$.

Вибір провідників виконуємо за економічною густиною струму.

Для неізолюваних проводів $j_{\text{ек}} = 1,0 \text{ А/мм}^2$, при $T_{\text{м}} > 5000 \text{ год}$.

Для ізолюваних проводів $j_{\text{ек}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$, при $T_{\text{м}} > 5000 \text{ год}$.

Визначимо економічний переріз для лінії живлення підприємства:

$$s_{\text{ек}} = \frac{16,78}{1,2} = 13,98 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Згідно ПУЕ в землі (траншеях) рекомендується прокладати броньовані кабелі.

Тому вибираємо броньований кабелі з алюмінієвими жилами, паперовою ізоляцією, в алюмінієвій оболонці: ААБ 3×16 ($I_{\text{доп}} = 75 \text{ А}$).

Для мережі підприємства такж вибираємо кабелі типу ААБ за максимальним струмом.

Результати розрахунків приведені в табл. 3.3. і 3.4.

Таблиця 3.3 – Вибір високовольтних вимикачів і перерізу провідників

Лінія	$I_{\text{м}}, \text{ А}$	$I_{\text{max}}, \text{ А}$	Вимикач	$I_{\text{ном.в}}, \text{ А}$	Провідник	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$
ЕЕС-КТП	5,35	10,69	ВНП-10/400-103ПУЗ	30	ААБ 3×16	75

Таблиця 3.4 – Вибір вимикачів і перерізу провідників мережі 0,38 кВ підприємства

Лінія	$I_{\text{м}}, \text{ А}$	$I_{\text{max}}, \text{ А}$	Вимикач	$I_{\text{ном.в}}, \text{ А}$	Провідник	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$
КТП-РП1	19,7	19,7	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65
КТП-РП2	188,44	188,44	ЕВ2 400/3S	400	ААБ 3×70+1×35	200
КТП-РП3	13,1	13,1	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65
КТП-РП4	26,74	26,74	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65
РП4-РП5	46,7	46,7	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65
КТП-РП6	3,16	3,16	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65
РП6-РП7	3	3	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65
РП6-РП8	87,6	87,6	ЕВ2 100/3S	100	ААБ 3×10+1×6	65

4 РОЗРАХУНОК СТРУМІВ КЗ І ПЕРЕВІРКА ОТРИМАНИХ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок струмів КЗ загальнозаводської мережі

Розрахунок струмів короткого замикання виконується з метою перевірки вибраних вимикачів і провідників.

Складаємо схему заміщення (рис. 4.1).

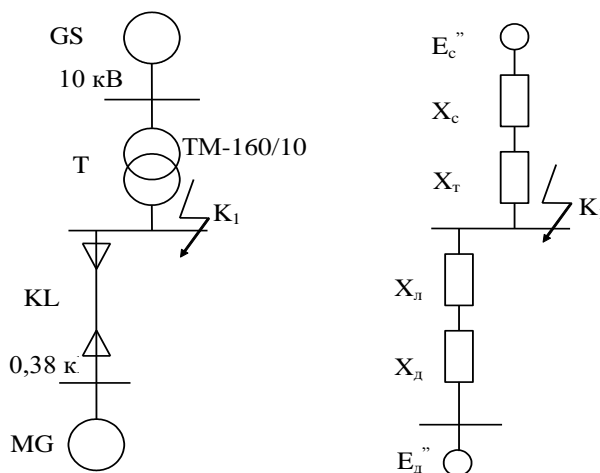


Рисунок 4.1 – Розрахункова схема і схема заміщення

Визначаємо опори елементів, що зведені до базисних умов:

$$x_c = \frac{S_{\sigma}}{S_k} = \frac{100}{200} = 0,2; \quad (4.1)$$

$$x_m = \frac{U_k \%}{100} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_{ном.т}} = \frac{4,5 \cdot 100}{100 \cdot 0,16} = 28,13; \quad (4.2)$$

$$x_{л1} = x_{num} \cdot \ell \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{cp}^2} = 0,08 \cdot 0,024 \cdot \frac{100}{0,4^2} = 1,2. \quad (4.3)$$

Початкове діюче значення струму КЗ:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{cep}} = \frac{100}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 5,5 \text{ (кА)}. \quad (4.4)$$

$$I_{no.c} = \frac{E_c''}{x_c + x_m} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{0,2 + 28,13} \cdot 5,5 = 5,09 \text{ кА}. \quad (4.5)$$

Періодична складова струму від системи не зміниться:

$$I_{n\pi} = I_{no.c} = 5,09 \text{ кА}. \quad (4.6)$$

Для визначення аперіодичності складової ударного струму і теплового імпульсу розраховуємо відносні опори елементів:

$$R_c \approx 0,1 \cdot x_c = 0,1 \cdot 0,2 = 0,02.$$

$$R_m = \frac{\Delta P_{кз}}{S_{ном}} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{ном}} = \frac{2,65 \cdot 100}{160 \cdot 0,16} = 10,35. \quad (4.7)$$

Постійна часу аперіодичної складової:

$$T_{ac} = \frac{x_c + x_m}{\omega \cdot (R_c + R_m)} = \frac{0,2 + 28,13}{314 \cdot (0,02 + 10,35)} = 0,009 \text{ с}. \quad (4.8)$$

Аперіодична складова струму КЗ при $\tau = 0,09 \text{ с}$:

$$i_{a\pi} = \sqrt{2} \cdot I_{no.c} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}} = \sqrt{2} \cdot 5,09 \cdot e^{-\frac{0,09}{0,009}} = 0,0003 \text{ кА}. \quad (4.9)$$

Ударний струм КЗ:

$$i_{y\delta.c} = \sqrt{2} \cdot I_{no.c} \cdot \left(1 + e^{-\frac{\tau}{T_{ac}}}\right) = \sqrt{2} \cdot 5,09 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,009}}\right) = 7,2 \text{ кА}. \quad (4.10)$$

Визначимо тепловий імпульс.

Час відключення КЗ:

$$t_{\delta id} = t_{кз} + t_{nB} = 0,01 + 0,08 = 0,09 \text{ с}. \quad (4.11)$$

Тепловий імпульс:

$$B_k = I_{no.c}^2 \cdot (t_{\delta id} + T_{acx}) = 5,09^2 \cdot (0,09 + 0,009) = 2,56 \text{ кА}^2 \text{ с}. \quad (4.12)$$

Перевірка вибраних вимикачів і провідників

Відповідно до ГОСТ 687 - 78 високовольтні вимикачі повинні бути перевірені на комутаційну здатність, на динамічну стійкість, а також на термічну стійкість до дії струмів КЗ.

Перевірку вибраних вимикачів і провідників покажемо на прикладі вибраного вимикача ВВП-10/400-103ПУЗ. Дані занесені у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Перевірка вимикача ВВП-10/400-103ПУЗ

Умова вибору	Дані для вимикачів	Дані розрахунку
$I_{н.від} \geq I_{н\tau}$	$I_{н.від} = 20 \text{ кА}$	$I_{н\tau} = I_{н\kappa} = 5,09 \text{ кА}$
$\sqrt{2} \cdot I_{н.від} \cdot \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) \geq \sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н.від} \cdot \left(1 + \frac{B_n}{100}\right) =$ $= \sqrt{2} \cdot 20 \cdot \left(1 + \frac{21}{100}\right) =$ $= 34,2 \text{ кА}$	$\sqrt{2} \cdot I_{н\tau} + i_{a\tau} =$ $= \sqrt{2} \cdot 6,46 + 2,48 =$ $= 9,84 \text{ кА}$
$i_{дин} \geq i_{y\delta}$	$i_{дин} = 15 \text{ кА}$	$i_{y\delta} = i_{y\delta.c} = 7,2 \text{ кА}$
$I_{дин} \geq I_{но}$	$I_{дин} = 8,7 \text{ кА}$	$I_{но} = I_{но.c} = 5,09 \text{ кА}$
$I_m^2 \cdot t_m \geq B_\kappa$	$I_m^2 \cdot t_m = 8,7^2 \cdot 1 = 75,69 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$B_\kappa = 2,56 \text{ кА}^2 \text{ с}$

Даний вимикач задовольняє усім умовам перевірки.

Перевіримо вибрані кабелі від ГПП до КТП на термічну стійкість:

$$S \geq S_{\min} = \frac{\sqrt{B_\kappa}}{C_m} \cdot 10^3,$$

$C_m = 94 \cdot A \cdot C^{0,5} / \text{мм}^2$ - для алюмінієвих кабелів.

$$S_{\min} = \frac{\sqrt{B_\kappa}}{C_m} \cdot 10^3 = \frac{\sqrt{2,56 \cdot 10^3}}{94} = 0,54 \text{ мм}^2.$$

Отже, переріз кабелів обрано вірно.

4.2 Розрахунок струмів КЗ в мережах напругою до 1000 В

Складаємо розрахункову схему:

$S_{\text{НОМ.Т}} = 160 \text{ кВ}\cdot\text{А}$. Опори трансформатора: $R_{\text{Т}} = 16,6 \text{ мОм}$, $X_{\text{Т}} = 41,7 \text{ мОм}$.

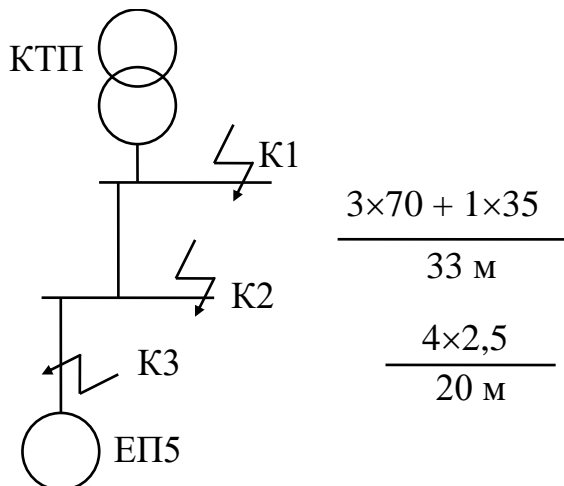


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема для визначення струмів КЗ

Струм трифазного КЗ на шинах КТП від системи:

$$I_{\text{к1с}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot Z_{\Sigma}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{16,6^2 + 41,7^2}} = 5,13 \text{ (кА)}. \quad (4.13)$$

Струм КЗ, зумовлений гальмуванням електродвигунів:

$$I_{\text{к1д}}^{(3)} = 2,29 \cdot \frac{S_{\text{НОМ.Т}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = 2,29 \cdot \frac{160}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,56 \text{ (кА)}. \quad (4.14)$$

Максимальне значення струму КЗ на шинах ТП:

$$I_{\text{к1}}^{(3)} = I_{\text{к1с}}^{(3)} + I_{\text{к1д}}^{(3)} = 5,13 + 0,56 = 5,69 \text{ (кА)}. \quad (4.15)$$

Отже, вимикачі, вибрані для установки, відповідають умовам комутаційної здатності ($I_{\text{н.відкл}} = 6 \text{ кА}$)

Максимальне значення струму трифазного КЗ на РП:

$$I_{\text{к2}}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_{\text{Т}} + R_{\text{шпг}} \cdot 1)^2 + (X_{\text{Т}} + X_{\text{шпг}} \cdot 1)^2}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(16,6 + 9,61 \cdot 45)^2 + (41,7 + 0,098 \cdot 45)^2}} = 0,51 \text{ (кА)}.$$

Отже, вимикач EB2 задовольняє умові комутаційної здатності:

$$I_{н.відк} \geq I_{к2}^{(3)}.$$

Перевіримо можливість його використання за середнім струмом КЗ.

Визначимо значення трифазного струму КЗ з врахуванням струмо-обмежуючої дії дуги:

$$I_{KR2}^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_T + R_{II} + R_{пит} \cdot 1)^2 + (X_T + X_{пит} \cdot 1)^2}} = \frac{1,05 \cdot 380}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(16,6 + 3,4 + 9,61 \cdot 45)^2 + (41,7 + 0,098 \cdot 45)^2}} = 0,506 \text{ (кА)}.$$

Середнє значення струмів трифазного КЗ в точці К2:

$$I_{к.сеп2}^{(3)} = \frac{I_{к2}^{(3)} + I_{KR2}^{(3)}}{2} = \frac{0,51 + 0,506}{2} = 0,5085 \text{ (кА)}.$$

Таким чином, за середнім значенням струму КЗ запобіжник теж проходить.

Перевіримо термічну стійкість кабелів до дії струмів КЗ. Мінімальний переріз кабельних ліній:

$$S_{min} = \frac{I_{к1}^{(3)} \cdot \sqrt{t_{відкл}}}{C_T} \cdot 1000 = \frac{5,69 \cdot \sqrt{0,14}}{92} \cdot 1000 = 28 \text{ (мм}^2\text{)}, \quad (4.16)$$

де $t_{відк} = t_{с.в} + t_d + T_a = 0,1 + 0,01 + 0,03 = 0,14 \text{ с};$

Вибрані кабелі задовольняють умові термічної стійкості.

Розрахуємо струм однофазного КЗ на кінці лінії РП – РП2:

$$I_{к2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{42,7}{3} + 14,43 \cdot 30} = 0,49 \text{ (кА)}. \quad (4.17)$$

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{от})^2 + (2 \cdot X_M + X_{от})^2} = \sqrt{(16,6 + 3,4)^2 + (41,7)^2} = 42,7 \text{ (МОм)}. \quad (4.18)$$

Струм однофазного КЗ в цій точці з врахуванням перехідного опору:

$$I_{KR2}^{(1)} = \frac{U_{ф.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{ф-н} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{182,5}{3} + 14,43 \cdot 30} = 0,77 \text{ (кА)}, \quad (4.19)$$

$$Z_{\Sigma}^{(1)} = \sqrt{(2 \cdot R_T + R_{от} + 3 \cdot R_{II})^2 + (2 \cdot X_M + X_{от})^2} = \sqrt{(16,6 + 151 + 3 \cdot 3,4)^2 + (41,7)^2} = 182,5 \text{ (МОм)}.$$

Струм однофазного КЗ на затискачах РП2:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-H} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{42,7}{3} + 24,08 \cdot 45} = 0,2 \text{ (кА)}. \quad (4.20)$$

Струм однофазного КЗ на затискачах ЕП1:

$$I_{к3}^{(1)} = \frac{U_{\phi.ном}}{\frac{Z_{\Sigma}^{(1)}}{3} + Z_{\phi-H} \cdot 1} = \frac{220}{\frac{42,7}{3} + 24,08 \cdot 45 + 14,43 \cdot 30} = 0,13 \text{ (кА)}. \quad (4.21)$$

5 ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ПРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ОСВІТЛЮВАЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ

Відповідно до рекомендації по освітленню одним з ефективних шляхів економії електроенергії в освітлювальних установках є забезпеченні гнучкості освітлювальних систем, що дозволяє в разі потреби відключити окремі чи секції зменшити освітленість. Для цього в освітлювальних установках (ОУ) застосовують різні регулюючі пристрої, який можна розділити на наступні групи:

- регулятори, що підтримують необхідну якість електроенергії в джерелах світла;
- регулятори, що регулюють напругу по заданому закону підтримки рівня освітленості;
- пристрої автоматичного вмикання і вимикання ОУ.

Для стабілізації напруги в мережах освітлення застосовують обмежники напруги ТОН-3-220 (100 чи 63 А на фазу).

Для автоматизації керування вмиканням і вимиканням ОУ застосовують фотореле ФР2-7 і реле часу 2РВМ із приводом від годинного механізму.

В даний час для житлових і суспільних будинків випускаються світло регулятори СР-01 СР-03-3 для регулювання світлового потоку ламп накаливання (ЛН). Розроблено трифазний світло регулятор типу РС-3ОА, призначений для плавного регулювання світлового потоку ЛН люмінесцентних ламп (ЛЛ) сумарною потужністю 30 кВт.

Автоматизація ОУ дозволяє як одержати економію електроенергії, так і знизити експлуатаційні витрати, оскільки з застосуванням регулюючих пристроїв цілком чи частково відключаються джерела світла чи зменшується споживана потужність.

У табл. 5.1 приведені розраховані усереднені значення економічних показників при використанні в ОУ обмежників напруги ТОН-3-220.

Застосування обмежників разом з фотореле як безконтактні фотоавтомати може дати додатково річну економію електроенергії до 4000 кВт·год.

У системах спільного природного і штучного освітлення загальнопромислових будівель з інтегральними регуляторами, призначеними для підтримки освітленості, економія електроенергії й економічний ефект можуть скласти близько 15% сумарних значень електроспоживання і витрат.

На багатьох промислових підприємствах в обідні і між змінні перерви частково відключають освітлювальні установки. У цьому випадку річна економія електроенергії може досягати 5-8% сумарного електроспоживання, чи 200-300 кВт·год. на 1 кВт встановленої потужності ламп.

Розрахункова економія електроенергії, отримана при використанні регуляторів освітленості в адміністративно-конторських приміщеннях, при коефіцієнті природної освітленості (КЕО), рівному 1,5 % складає 18,3% при нормі освітленості $E_H=500$ лк і 69,23 % при $E_H=750$ лк. У промислових будівлях при КЕО, рівному 2-2,5%, економія електроенергії складає 23,69% при $E_H=500$ лк і 28,62 % при $E_H=750$ лк. Крім економії електроенергії і зниження експлуатаційних витрат автоматизація освітлювальних установок дозволяє підвищити стабільність світлових показників і збільшити термін служби ламп. Однак для успішного застосування засобів автоматизації необхідно різко підвищити загальний рівень експлуатації ОУ.

У результаті масового впровадження обмежників напруги досягнута значна економія енергії. Розрахунки, виконані на підставі даних з таблиці, показують, що сумарна річна економія електроенергії складає приблизно 135 млн. кВт·год. Позитивний досвід застосування засобів автоматичного керування і регулювання напруги в ОУ вказує на необхідність розширення шкали і номенклатури обмежників, що випускаються, регуляторів і фотоавтоматів.

Таблиця 5.1 – Усереднені значення економічних показників

Тип обмежувача	Тип лампи	Економія				Приведені витрати на обмежувач, грн./рік	Економічний ефект, грн./рік
		Електроенергія кВт·год/рік	Витрат на електроенергію, грн./рік.	В результаті підвищення терміну служби ламп, грн./рік	Загальна, грн./рік		
ТОН-3-220-63А	ЛН	4644	393	346	739	135	604
	ДРЛ	6940	587	50	637	135	502
	ЛЛ	6712	483	50	583	135	398
	ДКсТ-10000	7140	604	1265	1869	135	1734
	КГ	4644	393	465	858	135	723
ТОН -3-220-100	ЛН	7297	617	539	1156	205	951
	ДРЛ	10906	923	78	1001	205	796
	ЛЛ	8976	760	78	838	205	633
	ДКсТ-10000	14280	1209	1352	2561	205	2356
	КГ	7298	618	730	1348	205	1143

Необхідно відзначити, що приведені цифри економії електроенергії є наближеними, оскільки режими напруги в електричних мережах і режими природного і штучного освітлення, являють собою імовірнісні процеси. Разом з тим розрахунки показують, що в автоматизації керування ОУ сховані значні розміри економії електроенергії і витрат.

Обмежувач напруги для освітлювальних установок з люмінесцентними лампами

Як уже говорилося, для обмеження рівня напруги в мережах успішно застосовуються тиристорні обмежувачі - стабілізатори напруги типу ТОН-3-220. Ці апарати знайшли широке застосування для стабілізації й обмеження напруги на лініях 0,4/0,23 кВ із номінальним струмом у фазі до 63А. Однак часто виникає необхідність обмеження напруги в мережах меншої потужності.

При цьому технічно недоцільно стабілізувати рівень напруги, потрібно тільки знизити його.

Успішно застосовується обмежувач напруги (рис. 5.1) із плавним регулюванням уставки необхідного рівня напруги в межах 5-30% фактичної напруги в мережі. Коли на аноді тиристора $V1$ з'являється позитивна півхвиля напруги, конденсатор $C2$ починає заряджатися через діод $VD2$ і резистори $R1$, $R2$. У результаті заряду $C2$ до напруги дінистора $V3$ останній відкривається і подає імпульс на керуючий електрод тиристора $V1$. Після відкриття $V1$ через опір навантаження Rn протікає струм до кінця півперіоду. Від часу заряду $C2$, обумовленого сумарним опором резисторів $R1$ і $R2$, залежить кут відмикання α тиристорів $V1$ і $V2$. Чим більше α тим менше напруга на навантаженні. При негативній півхвилі аналогічно працює тиристор $V2$.

Елементи схеми вибирають у залежності від потужності тиристорного обмежника. При струмах навантаження 60, 30, 20, 10 А використовують силові тиристори типів T150, T100, T50 і T25 (зі стандартним радіатором площею 1000 см² і природним охолодженням). У схемі застосовані також дінистори типу КН102Б, діоди типу Д226Б, конденсатори $C1$ і $C2$ типи МБМ ємністю 0,25 мкФ і $C3$ типи МБГ4-1 ємністю 1мкФ (400В), резистор $K.1$ типу МЛТ-0,5 (10к), потенціометр $K2$ типу СП-1 (100к), резистор $K3$ типу ПЭВ-25 (10 Ом).

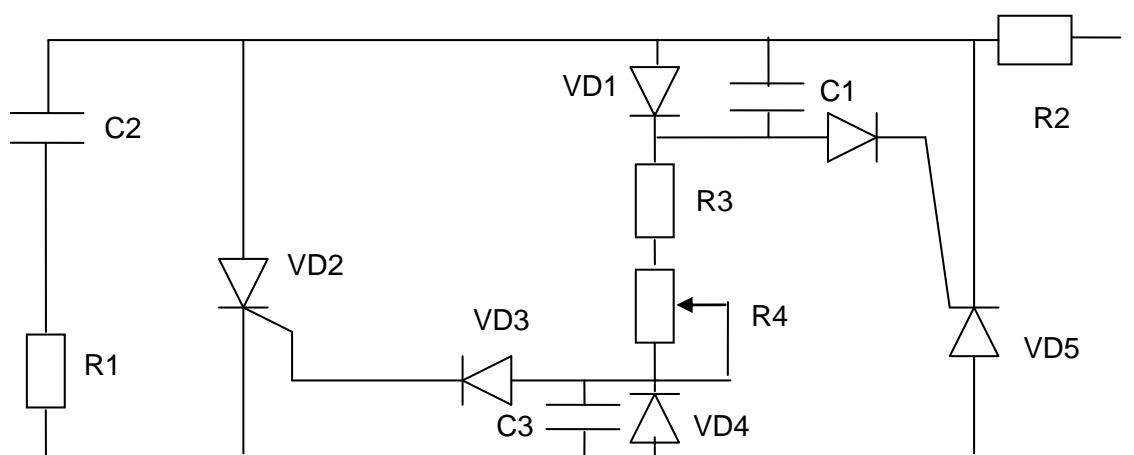


Рисунок 5.1 – Обмежувач напруги

Для захисту обмежувача від зверхструмів використовуються вимикачі та плавкі вставки, для захисту від перенапруг додатково ввімкнуте диференціююче коло R3C3.

Використання тиристорного обмежувача дозволяє вирішити питання про обмеження рівня напруги в лініях невеликої потужності без значних втрат шляхом використання простої та надійної апаратури.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

У бакалаврській роботі розробляється система електропостачання ТОВ «Лакомка». Підприємство відноситься до III категорії електропостачання, живлення здійснюється від двох підстанцій 10/0,4 кВ.

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який обслуговує обладнання заводу, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори за ГОСТ 12.0.003-74:

фізичні:

- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- нестача природного освітлення;
- небезпечний рівень напруги електричного кола, замикання якого може відбутися через тіло людини;

- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена вологість повітря;
- підвищена та знижена рухливість повітря;

психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово - психічні перевантаження (монотонність праці, перенапруга аналізаторів).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

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

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

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

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

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

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

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату

наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

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

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

Роботи по обслуговуванню електрообладнання.

При роботі, яка зв'язана з доторканням до струмоведучих частин електрообладнання, необхідно на його пусковому пристрої або ключі керування повісити плакат «НЕ ВМИКАТИ, ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ».

Розшиновку або від'єднання кабеля при підготовці робочого місця може виконати ремонтний робітник, який має третю групу. Під наглядом чергового або оперативно-ремонтного робітника. З найближчих до робочого міста струмоведучих частин до наступних доторканню повинна бути знята напруга або вони повинні бути огорожені.

Відключене положення комутаційних апаратів до 1000 В з недоступними для огляду контактами (автоматичні вимикачі, пакетні вимикачі, рубильники в закритому виконанні тощо) визначається перевіркою відсутності на їх затискачах або на відходячих шинах, проводах або затискачах обладнання, яке відключається цими комутаційними апаратами. В електроустановках до 1000 В при роботах на збірних шинах РУ, щитів, збірок напруга з шин повинна бути

знята та шини (за винятком шин, які виконані ізольованим проводом) повинні бути заземлені. Необхідність та можливість встановлення на приєднання цих РУ, щитів, збірок та підключеного до них обладнання визначає працівник, який видає розпорядження.

Випробування електроприводів разом з виконуючим механізмом потрібно проводити з дозволу начальника зміни технологічного цеху, в якому вони встановлені. При видачі робиться запис в оперативному журналі технологічного цеху, а отриманні цього дозволу - в оперативному журналі цеху (ділянки), який проводить випробування.

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

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [8] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Таблиця 6.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт ІІа.

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості ІІа	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено:

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

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

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

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Робочою зоною вважається простір, який обмежений огорожуючими конструкціями виробничих приміщень, що мають висоту 2 м над рівнем підлоги або площини, на яких знаходяться місця постійного або непостійного перебування працюючих. Склад повітря робочої зони залежить від складу атмосферного повітря і впливу на нього ряду шкідливих виробничих факторів, утворених в процесі трудової діяльності людини. Склад повітря залишається постійним. Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³.

Таблиця 6.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Окис вуглецю		20	4
Пилрослинного і тваринного походження	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця. Нагромадження пилу глибиною в 1/8» у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів по очищенню області. Необхідно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (зернистість), тим вище небезпека.

Тому необхідно здійснювати наступні заходи:

- очищувати металевий пил як найчастіше.
- щодня протирати гарячі поверхні.
- принаймні, двічі в рік проводити генеральне прибирання всіх областей, включаючи кроквяні ноги, з використанням продувки або пилососа.
- при високих концентраціях обробляти області по частинам.

Низька вологість збільшує потенційну небезпеку, цеповинне прийматися в увагу при продувках.

Планувати продувки або прибирання так щоб вони приходилось на час коли устаткування виключене, як, наприклад, у другу половину дня п'ятниці або на вихідні.

6.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення

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

КЕО при природному та суміщеному освітленню.

Характеристика зорової роботи при виконанні - роботи середньої точності;

Розряд - IV;

Підрозряд зорової роботи - в;

Контраст об'єкту розпізнавання - середній;

Характеристика фону - світлий;

Бокове КЕО, %:

-природне 1,5;

-суміщене 0,9.

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

$$e_n = e_n \cdot m_n ,$$

де e_n - значення КЕО для будинків;

m_n - коефіцієнт сонячності клімату - 0,85, вікна зорієнтовані на захід.

Природне: $e_n = 1,5 \cdot 0,85 = 1,3 \% ,$

суміщене: $e_n = 0,9 \cdot 0,85 = 0,9 \% .$

Штучне освітлення.

- штучне освітлення буває двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення - освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місьцеве освітлення -освітлення,

яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Штучне освітлення, лк:

загальне -150 лк; комбіноване – 300 лк.

Для забезпечення нормативного значення e_{min} передбачено:

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

6.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається по формулі:

$$L = 20 \cdot \lg \left(\frac{P}{P_0} \right) = 20 \cdot \lg \left(\frac{U}{U_0} \right), \quad (6.2)$$

де L - рівень шуму, дБ;

P -звуковий тиск, Па;

U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с;

P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ.

Шум Загальні вимоги безпеки».

Таблиця 6.3 – Рівень звукового тиску

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

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

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

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати малошумові вентилятори.

6.2.5 Вібрація

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

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

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація: на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-
Локальна вібрація	-	-	$\frac{2,8}{115}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$	$\frac{1,4}{109}$

* В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, $m/s \cdot 10^{-2}$, в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єктусистеми, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднаннясистеми;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

6.3 Пожежна безпека

Приміщення цеху відносять до категорії Д – негорючі речовини у холодному стані.

Будівля цеху характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступенем вогнестійкості відносяться будівлі з штучними та захисними конструкціями з природних та штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриття допускається застосування дерев'яних інструкцій, захищених штукатуркою або важкогорючими листовими, а також нитковими матеріалами. До елементів покриття висуваються вимога по межах

огнестійкості та межах розповсюдження полум'я; при цьому елементи укриття з деревини піддаються вогнезахисній обробці.

Межі вогнестійкості занесені у табл. 6.5.

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій; у знаменнику - межі розповсюдження полум'я по них.

Таблиця 6.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, коосури, марші сходових кліток	Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції перекрить	Елементи перекрить	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогоони	Балки, ферми, арки, рами
III	1/0	0,5/0	0,2/40	0,2/40	0,25/0	1/0	0,25/0	0,25/25	0,25/0

В табл. 6.6 приведені протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості.

Таблиця 6.6 – Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості

Номер п/п	Протипожежна перешкода	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальні межі вогнестійкості протипожежних перешкод або їх елементів, год
1	Протипожежні стіни	1	2.5
		2	0.75
2	Протипожежні перегородки	1	0.75
		2	0.25
3	Протипожежні перекриття	1	2.5
		2	1
		3	0.75
4	Протипожежні вікна і двері	1	1.2
		2	0.6
		3	0.25

В табл.6.7 приведена допустима кількість поверхів і площа поверху і межах пожежного відсіку будівлі відповідно до ступеня вогнестійкості.

Таблиця 6.7 – Допустима кількість поверхів і площа поверху в межах пожежного відсіку будівлі.

Категорія будівлі (пожежних відсіків)	Допустима кількість поверхів	Ступінь вогнестійкості будівлі	Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² , будівель		
			Одноповерхових	багатоповерхових	
				2 поверхи	3 поверхи і більше
В	1	III	не обмежується		
				-	-

Мінімальні відстані між будівлями і спорудами відповідно до III ступеня вогнестійкості становлять 12 м.

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасником; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки вуглекислотним вогнегасником або піском; зупинити обладнання.

Цех заводу обладнаний протипожежним водогоном. Площа становить 542 м², необхідно встановити біля входу 1 пожежний щит (стенд). До комплексу засобів пожежогасіння, які розміщені на ньому, включенні: вогнегасники ВП-5 – 3шт., ящик з піском - 1шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2м x 2м - 1шт., гаки - 3 шт., лопати - 2шт., ломы - 2шт., сокири - 2шт.

Ящик для піску повинен мати місткість 3.0 м³ та бути укомплектований совковою лопатою. Конструкція ящика повинна забезпечувати зручність діставання піску та виключати попадання опадів.

ВИСНОВОК

В бакалаврській дипломній роботі було спроектовано систему електропостачання ТОВ «Лакомка».

В якості понижувальної підстанції було вибрано однострансформаторну КТП 10/0,4 з трансформатором типу ТМ-160/10. Було спроектовано також систему електропостачання цеху і розраховано електричні навантаження цехових мереж. Було вибрано вимикачі та провідники. Розрахунок струмів КЗ показав, що вибрана комутаційно-захисна апаратуру та провідники витримують ці струми. На основі результатів розрахунку коротких замикань зроблено висновки про правильність вибору комутаційно-захисної апаратури та провідників цехової і заводської мереж. Обрана схема електропостачання забезпечує надійне та безперебійне живлення підприємства електроенергією.

Розглянуто питання економії електроенергії при автоматизації управління освітлювальними установками.

Розроблено норми з охорони праці, а саме технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту та з гігієни праці і виробничої санітарії. А також розроблено норми з пожежної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бурбело Михайло Йосипович. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник - 2-ге вид., перероб. і доп. / М.Й. Бурбело. – Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005 – 148 с. ISBN 966-641-145-8.
2. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю.Г. Барыбин, И.С. Бабаханян, А.А. Бейдер [та ін.] // . – Москва: Энергоатомиздат, 1990 – 576 с. ISBN 5-283-01032-5.
3. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X .: Міненерговугілля України, 2014.
4. Неклепаев Борис Николаевич. Электрическая часть электростанций и подстанций / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – Москва: Энергоатомиздат, 1989 – 607 с. ISBN 5-283-01086-4.
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию. /Под ред.. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т.1 – 580с., Т.2 – 591 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 Указания по расчету электрических нагрузок.
7. ГОСТ 14209-97 Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов.
8. ДСТУ ІЕС/TR 60909-4:2008 (ІЕС/TR 60909-4:2000, IDТ) Національний стандарт України. Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 4. Приклади обчислення сили струму короткого замикання.
9. СН 174-75 Инструкция по проектированию электроснабжения промышленных предприятия.
10. СН 357-77 Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий.
11. РД 153-34.0-15.501-00 Контроль качества электрической энергии
12. Силові трансформатори [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.bisik.kiev.ua/uk/transformers>

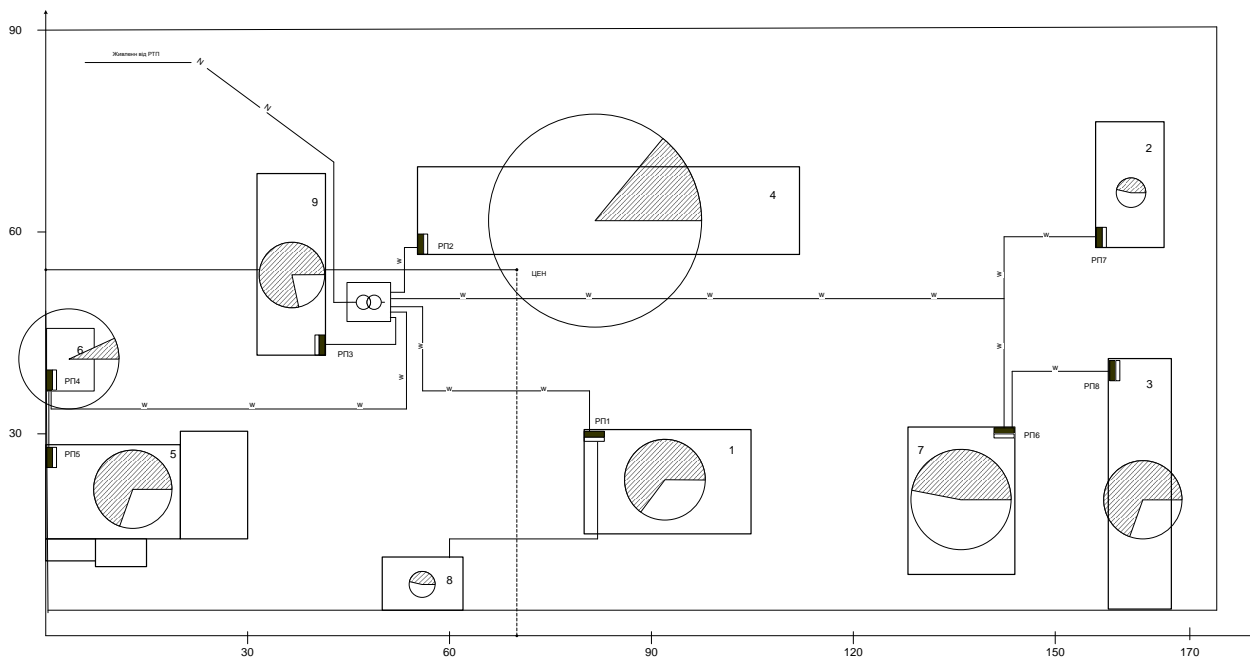
13. Вимикачі навантаження [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<http://001.com.ua/uk/vumykachi-navantazhennya-c756>

ДОДАТКИ

Додаток А

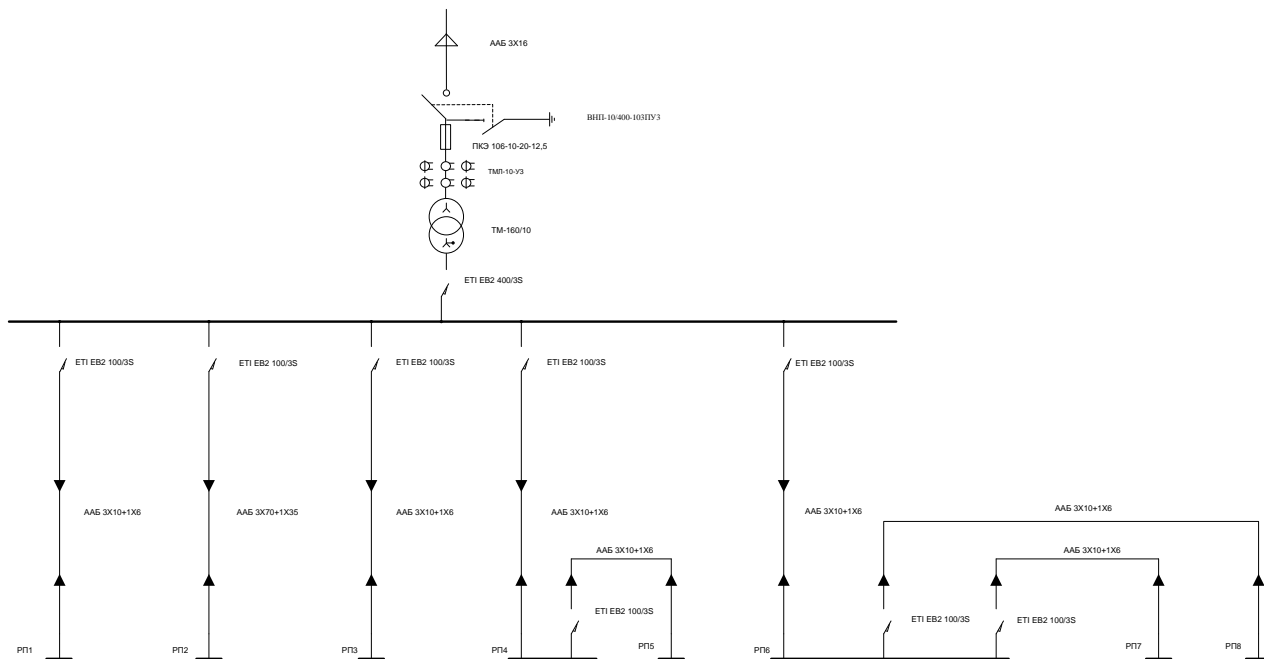
Графічна частина

Генеральний план

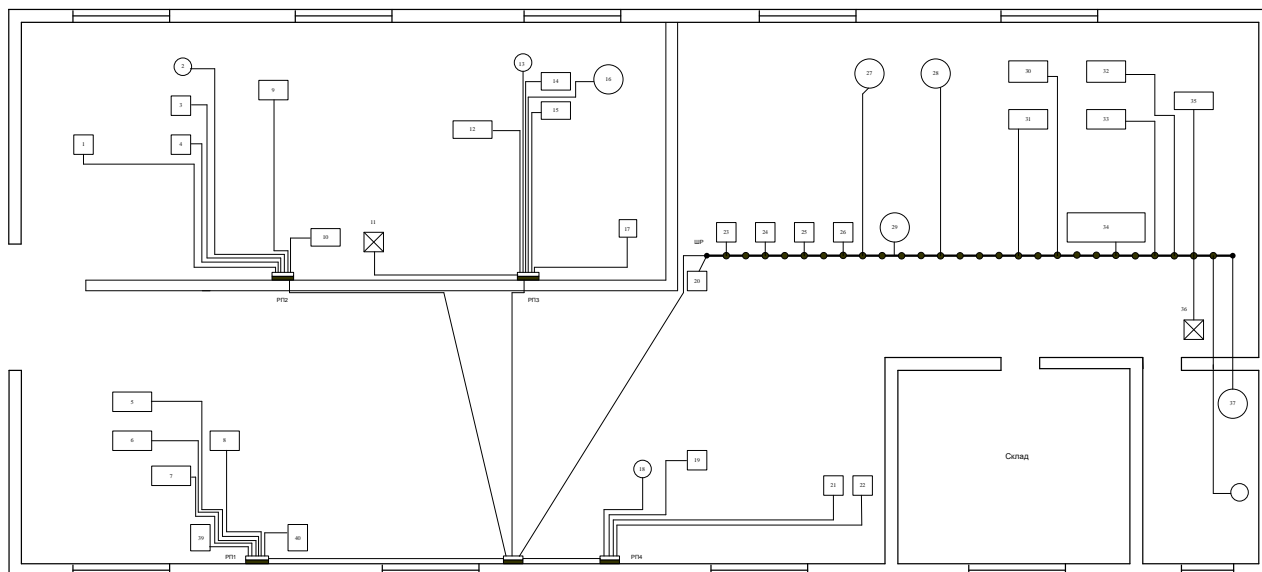


Назва цеху	$P_{\text{в}}$
1. Цех виробництва	15
2. Столова	3
3. Гуртожиток	12
4. Цех виготовлення продукції	165
5. Адміністративний корпус	15
6. Цех виробництва полістиролової піни	60
7. Гараж автомобільний	3
8. Прокладні	3
9. Склад	3

Однолінійна схема електропостачання



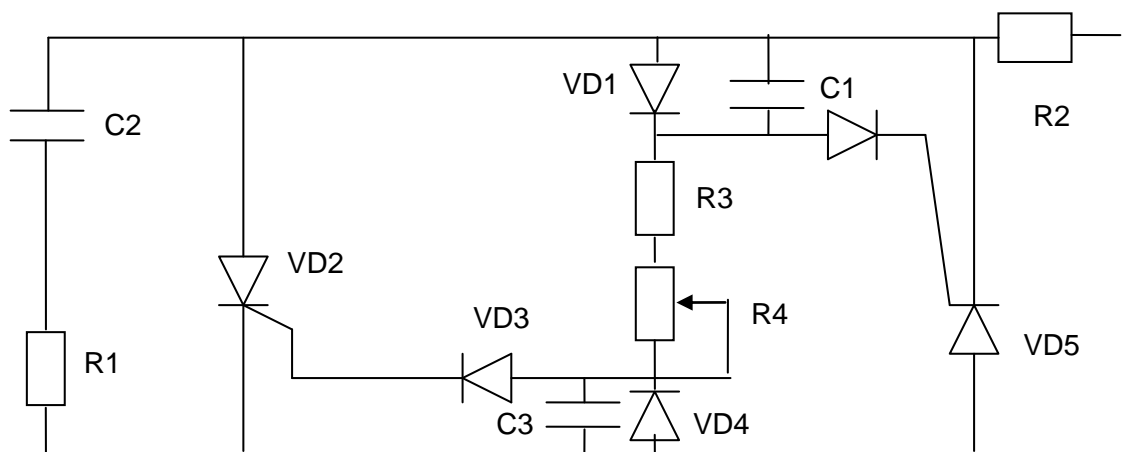
План цеху з силовою мережею



Науково-дослідна частина

Усереднені значення економічних показників

Тип обмежувача	Тип лампи	Економія				Применені витрати на обмежувач, грн./рік	Економічний ефект, грн./рік
		Електроенергія кВт/год/рік	Витрати на електроенергію, грн./рік	В результаті підвищення тарифів електроенергії, грн./рік	Залишок, грн./рік		
ТОН-3-220-63А	ЛН	4644	393	346	739	135	604
	ДРЛ	6940	587	50	637	135	502
	ЛЛ	6712	483	50	583	135	398
	ДКсТ-10000	7140	604	1265	1869	135	1734
	КГ	4644	393	465	858	135	723
ТОН-3-220-100	ЛН	7297	617	539	1156	205	951
	ДРЛ	10906	923	78	1001	205	796
	ЛЛ	8976	760	78	838	205	633
	ДКсТ-10000	14280	1209	1352	2561	205	2356
	КГ	7298	618	730	1348	205	1143



Обмежувач напруги