

Міністерство освіти і науки України

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(назва факультету)

Кафедра електричної інженерії

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**бакалавр**

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему:

**Модернізація системи електропостачання  
підприємства з виготовлення меблів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕТс-41

спеціальності 141

електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва спеціальності)

Купар Михайло Сергійович  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Оробчук Б. Я.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Мовчан Л. Т.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Тарасенко М. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент   
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль, 2023

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

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії  
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Тарасенко М. Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
« 25 » січня 2023 р.

### ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Купар Михайлу Сергійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи електропостачання підприємства з виготовлення меблів

Керівник роботи Оробчук Богдан Ярославович, к.т.н, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «23» січня 2023 року № 4/7-47

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2023 року

3. Вихідні дані до роботи Існуюча схема електропостачання меблевого підприємства, параметри споживачів електричної енергії, технічні характеристики наявного обладнання

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

Вступ

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Загальні висновки

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

1. План живлення мереж 10 кВ

2. Схема електропостачання трансформаторних підстанцій цеху

3. Схема принципова однолінійна 10 кВ

4. Схема електрична принципова ТП-68

5. Схема електрична принципова ТП-83

6. План і розріз підстанції

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи хорони праці	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 25 січня 2023 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.02.2023	
2	Аналітичний розділ	28.02.2023	
3	Розрахунковий розділ	31.03.2023	
4	Проектно-конструкторський розділ	30.04.2023	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2023	
6	Висновки	10.06.2023	
7	Оформлення пояснювальної записки	15.06.2023	
8	Оформлення графічної частини	15.06.2023	

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Купар М. С.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Оробчук Б. Я.

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Купар Михайло Сергійович. Модернізація системи електропостачання підприємства з виготовлення меблів.

Стор.– 78; рис. - 23; табл. - 21; плакатів - 7; джерел - 34; додатків - 0.

Метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація системи електропостачання ТОВ «Меблева фабрика БЕРЕГОВО», яке знаходиться в м. Берегово Закарпатської області.

В першому розділі виконано огляд літературних джерел за тематикою кваліфікаційної роботи.

В другому розділі виконано характеристику споживачів електроенергії, вибрано величини напруги живлення і схеми електропостачання, здійснено вибір трансформаторів для цехової підстанції та вибір захисних апаратів для електропостачання виробничих ділянок.

В третьому розділі було проведено розрахунок електричних навантажень, приведено методику розрахунку струмів короткого замикання, розроблено розрахункову схему заміщення та виконано розрахунок опорів і струмів короткого замикання схеми заміщення.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ТРАНСФОРМАТОРНА ПІДСТАНЦІЯ, НАПРУГА ЖИВЛЕННЯ, СТРУМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз стану мебельного виробництва в Україні	9
1.2 Конвеєрна технологія складання меблів	11
1.3 Процеси автоматизації меблевого виробництва	17
2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	21
2.1 Характеристика споживачів електроенергії	21
2.2 Вибір напруги живлення і схеми електропостачання	28
2.3 Вибір трансформаторів для цехової підстанції	30
2.4 Вибір захисних апаратів для електропостачання виробничих ділянок	33
3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	59
3.1 Розрахунок електричних навантажень	59
3.2 Методика розрахунку струмів короткого замикання	62
3.3 Складання розрахункової схеми заміщення	63
3.4 Розрахунок опорів і струмів короткого замикання схеми заміщення	65
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	68
4.1 Безпека обслуговування електроустановок напругою до 1000 В	68
4.2 Розрахунок блискавкозахисту цеху №2	70
4.3 Вимоги електробезпеки до персоналу	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	75

## ВСТУП

Електроенергетика є однією із найважливіших галузей народного господарства і вона має суттєве значення у суспільстві. Стрімкий розвиток виробництва, впровадження сучасних технологій викликають в свою чергу постійне підвищення потужності різноманітного обладнання. Відповідно формуються жорсткі вимоги до їх режимів економічності, безпеки, ремонтної придатності та екологічності [1].

В теперішніх умовах постійного підвищення цін на енергетичні ресурси економія електричної енергії стає базовою частиною енергетичної політики підприємств виробничої галузі. Таку економію можна досягнути за рахунок впровадження енергоефективних технологій та сучасного обладнання. Також необхідно підвищувати рівень експлуатації та технічного обслуговування виробничого обладнання, зменшувати рівень втрат у системі електропостачання та електричних приймачів, знижувати величину електричної потужності під час піку навантаження на енергетичну систему [2]. У даній кваліфікаційній роботі для підвищення ефективності виробничого процесу мебельного цеху необхідно провести модернізацію системи електропостачання.

Варто зазначити, що меблева промисловість є однією із провідних виробничих галузей на сучасному етапі. Меблева промисловість на даний час є однією з доволі потужніших галузей деревообробної промисловості, частка якої становить більше 50% від загального обсягу обробки продукції деревини в Україні [3]. Меблева промисловість є дуже важливою у повсякденному житті, зокрема без меблів не може функціонувати жодне виробництво, офісні центри та й будь які житлові приміщення. Меблева промисловість, крім забезпечення своєю продукцією комфортного рівня життя й практичної раціональності, виконує для людей ті функції, які вони самі не в змозі виконати. Галузь цієї промисловості забезпечує надає населенню робочі місця, здійснюючи працевлаштування більшої частини усіх робітників деревообробної сфери. Меблева промисловість посідає одне із важливих місць в системі економіки України, зокрема надає

працевдатному населенню робочі місця, забезпечує державу необхідною продукцією, а також створює доволі високий прибуток. Щороку попит на меблеву продукцію невинно зростає, при цьому створюються необхідні умови для розвитку виробництва меблевої галузі. Українська меблева галузь демонструє зростаючу можливість якісного і кількісного переходу від неефективної пострадянської моделі до сучасної модерної моделі, попит на продукцію якої має своє майбутнє і може вийти за межі локальних ринків.

Ця галузь є однією з небагатьох вітчизняних промислових галузей, яка активно проявляє свою конкурентну спроможність на ринках світу, впевнено збільшуючи свій експортний потенціал. Подальший розвиток української меблевої галузі є важливим моментом для економічного і соціального розвитку країни, оскільки дає можливість молодим підприємцям розпочинати бізнес з невеликим капіталом і швидко зростати, нарощуючи випуск продукції та створюючи нові робочі місця. Зростання темпів експортного потенціалу цієї галузі розвиває її систематизацію та запобігає тіншовим схемам. В 2021 році українська меблева галузь експортувала меблів приблизно на 1 млрд. доларів, що є рекордом, якщо порівнювати з минулими роками. Але, якщо порівнювати із сусідньою Польщею, то наш експортний потенціал є в 14 раз меншим [4].

Варто зауважити, що початкові роки нашого століття розкрили низку причин збільшення споживання електроенергії в мебельній галузі. Сюди можна віднести використання застарілого обладнання, невідосконалені технологічні процеси, значні втрати в лініях передачі електроенергії, низький експлуатаційний рівень обслуговування електричного обладнання та інше не вирішені організаційні питання. На даний час при виробництві меблів посилюються вимоги до якості електричної енергії, оскільки при збільшенні втрат в лініях передачі електроенергії проявляються процеси значного споживання струму, а це впливає на перевантаження та ще більшої втрати напруги.

Підсумовуючи вище сказане, можна зробити висновок, що проблема підвищення енергетичної ефективності в меблевій галузі є достатньо потрібною в даний час, а тема кваліфікаційної роботи *«Модернізація системи*

*електропостачання підприємства з виготовлення меблів» - актуальною.*

*Об'єктом* дослідження є система електропостачання меблевого підприємства.

*Метою* кваліфікаційної роботи є створення надійної та економічної системи електропостачання споживачів меблевого підприємства електроенергією необхідної якості.

Таким чином, в результаті роботи над темою кваліфікаційної роботи було вирішено наступні завдання:

- розроблено план живлення мереж 10 кВ;
- розроблено схему електропостачання трансформаторних підстанцій;
- розроблено схему принципову однолінійну роздільного пункту 10 кВ;
- розроблено схеми електричні принципові підстанцій.

Під час виконання кваліфікаційної роботи було детально вивчено технологічний процес підприємства, на якому здійснюється модернізація системи електропостачання. Було виконано розрахунок електричних навантажень, обрано силові трансформатори, розрахунок струмів короткого замикання, розрахунок та вибір високовольтної мережі електричних апаратів підприємства, розглянуто питання релейного захисту. При проектуванні застосовувався системний підхід, у якому мережі промислового підприємства розглядалися як частина електроенергетичної системи. Також у процесі розробки конструктивного виконання схем електропостачання використовувалося типове устаткування. Усі запозичені з літературних та інших джерел теоретичні і методологічні положення та концепції супроводжуються посиланнями на їх авторів.



# 1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Аналіз стану мебельного виробництва в Україні

Меблі є одним з базових товарів народного споживання, які відіграють важливу роль в організації роботи, побуту та відпочинку. Підвищення якості та покращення рівня споживних характеристик меблевих виробів є важливим фактором підвищення загального добробуту суспільства. Внаслідок насичення ринку сучасними побутовими меблями набуває першочергового значення питання про засоби підвищення їх якості. Варто також брати до ваги те інтеграцію та розширення міжнародної торгівлі нашої держави у світове співтовариство, відповідно виготовлена продукція повинна бути конкурентоспроможною на міжнародному ринку. Це часто проявляється у побуті, де споживач звертає увагу на якість, надійність, конкурентоспроможність та безпеку продукції, хоче бачити сертифікати на неї, вимагає дотримання умов закону «Про захист прав споживачів». Отже, з упевненістю можна стверджувати, майбутнє з жорсткими вимогами якості, вже настало [5].

Варто відзначити регулярний і поступовий рівень підвищення технічного рівень вітчизняних підприємств меблевої галузі. Автоматичні і напівавтоматичні лінії, агрегати високої продуктивні, які задіяні в технологічному процесі виробництва, створюють умови для підвищення продуктивності праці та якості виготовленої продукту. Присутність на українському ринку меблевих виробів, які виготовлені з сучасних комплектуючих та сировинних матеріалів дозволяють їм вийти на якісно новий рівень меблевої промисловості.

На даний час сучасний український ринок меблів переживає поступовий планомірний розвиток, про темпи якого можна судити за кількістю нових салонів м'яких меблів. Ще однією зовнішня ознака такого розвитку є поява нових виробників, серед яких присутні як початківці цієї справи, так і відомі представники. Згідно статистичних даних Держкомстату, де враховані тільки обсяги великих підприємств з річним бюджетом продукції від \$200 тис, у 2021

році було виготовлено біля 300 тисяч крісел, більше 15 тисяч диванів та кушеток і майже 60 тисяч диванів-ліжок. Відповідно до цих даних доля саме м'яких меблів становить більше 20% від загального обсягу виробництва меблів для житлових приміщень (рис.1.1). Цей факт переконливо свідчить про привабливість інвестиційної політики вітчизняного меблевого ринку [6].

### Розподіл меблевих виробництв за типом продукції в Україні



Рисунок 1.1 - Сегментування попиту на меблі для житлових приміщень

Характеристика щодо поступового планомірного розвитку говорить про те, що в попередні роки відбувався процес повільного розвитку. Так, у 2020 році обсяг ринку за роздрібними цінами дорівнював майже 70 млн. доларів або десь біля 150 тисяч комплектів: диван і два крісла. А вже наприкінці 2021 згідно оцінок національних операторів він становив біля 80 млн. доларів, що є більше показника попереднього року на 15%. Показник продажу м'яких меблів характеризується стабільністю протягом трьох років, що свідчить про стійкість та збільшення попиту, змінюється тільки співвідношення вітчизняного товару до імпортного. Цьому показнику відповідає тенденція активного збільшення, що говорить про постійне домінування вітчизняних меблів у структурі продажу на українському ринку. Так, у 2020 році на частку українських виробників меблів припадало біля 60% загального обсягу продажу, а сьогодні це вже становить

майже 80%. Внаслідок швидкого розвитку мережі збуту вітчизняних виробників розширився їх асортимент, а також зріс професійний рівень менеджменту [7].

Аналіз ринку свідчить, що імпортерам дешевих меблів з кожним роком стає важче конкурувати з менеджерами української продукції. Можливо, в майбутньому за імпортною складовою залишаться тільки елітні меблі, які можна віднести скоріше до предметів розкоші, а не побуту. А в грошовому еквіваленті вони можуть захопити не більше 5-7% ринку від загального обсягу реалізації м'яких меблів на ринку України [8].

## **1.2 Конвеєрна технологія складання меблів**

Процесу конвеєрної технології виготовлення меблів або будь якої окремої стадії технологічного процесу, наприклад складання, повинні передувати детальна переробка і спрощення конструкції виробу. Переведення на конвеєрне виробництво виробу з великим числом конструктивних елементів викликає складність та зайву протяжність конвеєрів, приводить до завищення кількості робочих місць на конвеєрі і значних витрат на устаткування та його експлуатацію [9].

Необхідною передумовою процесу конвеєрної технології є також висока точність та якість обробки деталей і вузлів, які обробляються на конвеєрі. Головними проблемами при конвеєрній технології складальних процесів є операції, коли застосовують клей і які вимагають тривалої витримки такх з'єднань в запресованому або вільному стані. Тому для конвеєрної технології таких процесів застосовують обладнання для контактного нагрівання, нагрівання в полі струмів високої частоти, визначені терміни сушіння і скорочення витримки склеюваних елементів конструкцій [10].

Наприклад, розгалужений складальний конвеєр мебельного цеху може охоплювати процеси збирання офісних столів і книжкових секційних шаф. Процеси збирання вузлів цих меблів, операції по підготовці їх до обробки і сама

обробка здійснюється на спеціалізованому підвісному обробному конвеєрі (рис. 1.2) [11].

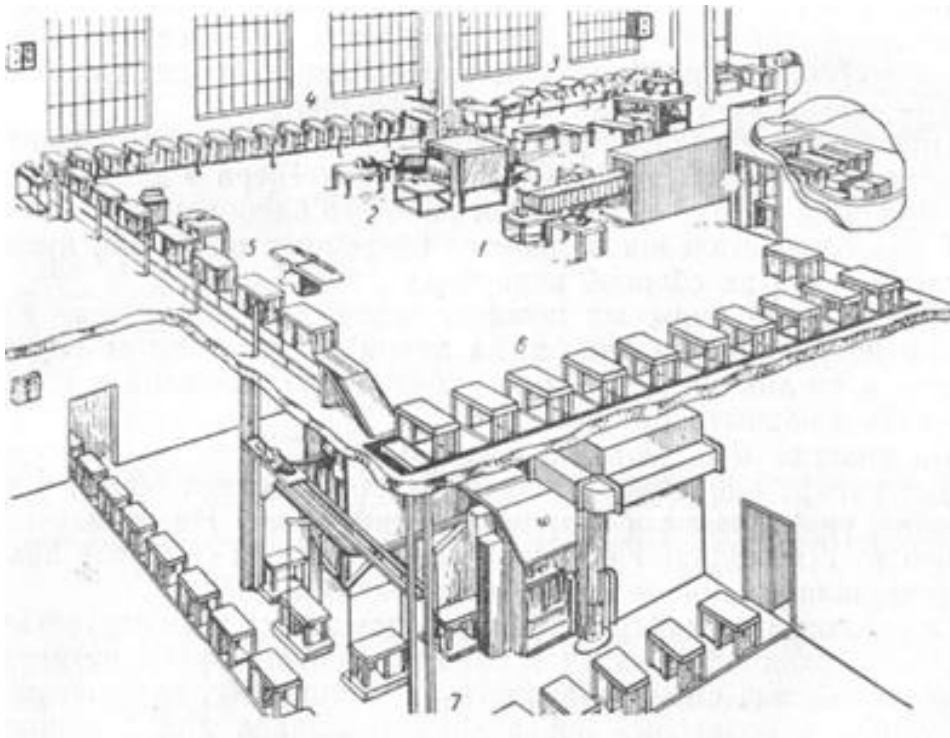


Рисунок 1.2 - Схема розгалуженого складального і обробного конвеєра.

Конвеєрний комплекс складається з семи потокових ділянок:

- 1 - збирання ящиків і напівящиків;
- 2 - лінії виготовлення кришок і дверей столів;
- 3 - розподільної установки;
- 4 - пристрою для витримки виробів;
- 5 - складальної ділянки;
- 6 - ділянки для підготовки виробів до обробки;
- 7 - ділянки для обробки виробів.

Збирання письмових столів відбувається в трьох спеціалізованих потокових лініях, які працюють в одному ритмі і в комплексі є єдиним розгалуженим складальним конвеєром. Потік працює із застосуванням ланцюгового розподільного конвеєра пульсуючої дії, до складу якого включено прохідну нагрівальну камеру.

На початку конвеєра встановлені дві пневматичні складальні вайми, одна з яких служить для збирання напівящиків, а на другій по чергово збирають великі і малі ящики. Готовий комплект ящиків на розподільній ділянці проходить через нагрівальну камеру, а далі поступає на шліфувальний верстат з нерухомим столом для їх шліфування і перевірка граничними калібрами. Після цієї операції ящики поступають до місця зачистки внутрішніх поверхонь від слідів клею та усунення невеликих дефектів. Готові ящики переміщуються на робочі місця складального конвеєра за допомогою транспортних стелажів.

Прискорення процесу склеювання при збиранні дверей і приклеюванні обкладання досягається за рахунок переміщення цих вузлів після склеювання в прохідній нагрівальній камері.

Потік збирання виробів включає усі операції по монтажу бічних стінок, приставок, тумб, остовів письмового столу і коробок шафи та операції збирання самих виробів - письмового столу і книжкової шафи. Потік організовано із застосуванням розподільного конвеєра комплектування, дволанцюгового конвеєра для витримки зібраних корпусів виробів і робочого одноланцюгового конвеєра для виконання комплексу складальних операцій, що здійснюються після збирання корпусів.

На ділянці підготовки виробу до обробки виконуються перші чотири операції: змочування для підняття ворсу, шліфування, ґрунтовка і вторинне шліфування. На обробному конвеєрі виконують інші три операції - перше лакування, шліфування і друге лакування. Обробний конвеєр складається з розпилювальної kabіни, прохідної осушної камери, ланцюгового транспоруючого пристрою, змонтованого на монорейці і підвішеної до стелі, та підвісних поворотних механізмів для установки на них виробів, що підлягають обробці.

В процесі подальшої механізації деревообробних виробництв велику увагу приділяють впровадженню автоматичних ліній або окремі агрегати, що охоплюють собою цілий ряд операцій на різних ділянці технологічного процесу [12].

На рис. 1.3 наведено першу автоматичну лінію для обробки деталей корпусних меблів була, яка була впроваджена на фабриці ім. Боженко.

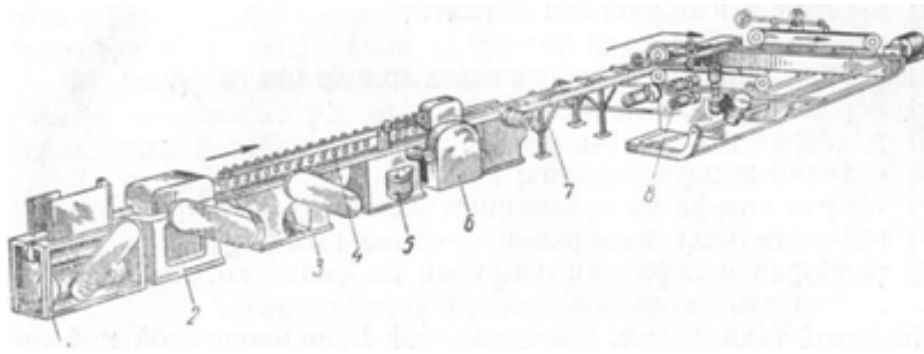


Рисунок 1.3 - *Схема автоматичної верстатної лінії:*

1 - завантажувальний магазинний пристрій; 2 – автоподавач; 3 - фугувальний верстат; 4 - верхні і бічні роликові затискачі; 5 - фрезерний верстат; 6 - чотиристоронній строгальний верстат СК- 15; 7 – направляючий лоток з автоматичним перевантажувальним пристроєм; 8 - двосторонній шипорізний верстат ШД- 12

У даній автоматичній лінії використано стандартне універсальне устаткування, оснащене необхідними пристроями для завантаження деталей, для транспортування і передачі їх із зони подовжнього руху і в зону поперечного руху для обробки на шипорізному верстаті. Завантажувальний бункерний пристрій є універсальним завантажувальним механізмом для автоподачі деталей до фугувальних верстатів, а також до строгальних верстатів з вальцюванням, стрічковою або ланцюговою подачею. У нього можна завантажувати деталі різної довжини з дотриманням безперервного їх вступу.

Для надання деталям відповідного напрямку під час руху і обробки в направляючому лотку між фугувальним і фрезерним верстатами, а також між фрезерним і чотиристоронніми верстатами, встановлені направляючі роликові затискачі. Виставлена під прямим кутом деталь проходить процес стружки на чотиристоронньому верстаті до потрібного розміру і форми профілю. Лінію обслуговують дві людини: технічний оператор лінії і працівник, який завантажує деталі в бункерний пристрій. Лінія призначена для обробки деталей брусків з чорнових заготовок.

Процес автоматизації виробництва окремих ділянок серійних меблів повинен зазвичай розвиватися на базі впровадженого устаткування шляхом імплементації до нього потрібних засобів автоматизації. Це можуть бути пристосування для механічної подачі деталей і завантаження верстатів, різноманітні транспортуючі пристрої, укладальники, перевертаючі пристосування, а також пристосування для автоматичної фіксації і звільнення деталей в процесі обробки, автоматики управління верстатом і ін. Це дозволить в майбутньому значно підвищити рівень технології меблевого виробництва. Вдосконалення моделей меблів нерозривно пов'язане з автоматизацією процесів виробництва масових меблів [13].

Білоцерківська меблева фабрика запропонувала спосіб виробництва шаф суконь з обробкою у вузлах і деталях без попередньої зборки виробу, що є новим технологічним прийомом у галузі.

Практична схема виготовлення і обробки шаф у більшості меблевих підприємств є наступною:

- 1) виконується заготівля і обробка деталей;
- 2) виконується збирання і обробка вузлів;
- 3) виконується збирання шаф в так званому білому виді;
- 4) йде передача в обробний цех;
- 5) здійснюється розбирання шафи на вузли;
- 6) виконується обробка шафи у вузлах;
- 7) виконується збирання шафи з оброблених вузлів;
- 8) здійснюється остаточне вивіряння і приймання шафи.

Відповідно до нової технології, яку запропонувала Білоцерківська меблева фабрика, з перерахованих вище операцій 4-х операцій - 3, 5, 7 і 8 відпадають, в результаті чого досягається значна економія робочого часу і виробничих приміщень.

Варто відмітити, що така технологія може бути впроваджена у тому випадку, коли підприємство має високий рівень техніки обробки деталей, високу точність обробки та повну взаємозаміну деталей і вузлів.

За описаною вище технологічною схемою шафа збирається з визначених, та підігнаних один до одного вузлів. Після виконаного процесу підгонки ні один вузол вже не може бути замінений на подібний вузлом від іншої шафи, оскільки розміри їх не співпадають повною мірою із-за неточної обробки. Тому, коли розбирають шафи для обробки на окремі вузли, їх маркують або розташовують таким чином, щоб не переплутати з аналогічними частинами інших шаф. Ця обставина створює незручності в роботі і вимагає значних додаткових виробничих площ. Для досягнення повної взаємозамінності окремих деталей шаф в процесі їх обробки без попереднього збирання підприємству необхідно виконати цілий ряд підготовчих операцій, базові з них зводяться до застосування системи допусків і посадок відповідно до державних стандартів. Для цього необхідно виконати наступне:

- забезпечити потрібний клас точності деревообробних верстатів відповідно до норм точності;
- забезпечити правильне виготовлення, підготовку і установку різального інструменту та спостереження за його станом під час роботи;
- забезпечити кондиціонування повітря в цехах по температурі і вологості з метою забезпечення найбільшої формостійкості деталей і вузлів меблів, а також забезпечити скорочення термінів зупинки деталей і вузлів в процесі обробки;
- забезпечити виготовлення калібрів;
- забезпечити проведення організаційно-технічних заходів щодо встановлення реального технічного контролю оброблюваних деталей і вузлів, тобто встановити способи перевірки, порядок вибраковування, виправлення і використання бракованих деталей, застосування калібрів і ін.;
- забезпечити розробку способів і прийомів обробки шаф у вузлах без збільшення витрат часу і виробничих площ в порівнянні з обробкою готових виробів;
- розробити способи комплектування вузлів виробу за зовнішніми ознаками, тобто текстурою, кольором, обробкою і ін.;
- провести підготовку працівників до нових умов роботи.



### 1.3 Процеси автоматизації меблевого виробництва

На даний час в процесі виробництва меблів має місце достатня кількість немеханізованих та ручних, операцій, Тому модернізація системи електропостачання та комплексної механізації і автоматизації виробництва меблів стикаються з певними труднощами [14].

Технологічний процес виробництва меблів можна розділяється на такі основні етапи:

- процес гідротермічної обробки деревини;
- заготівельний процес: обробка та заготівля дошок, клеєної і строганої фанери, столярних, деревостружкових та деревно-волокнистих плит і ін.;
- процес формоутворення - заготівлі надається остаточна форма деталі;
- процес доведення, тобто шліфування та циклювання поверхні;
- процес збирання і обробки зібраних вузлів;
- фінальний процес обробки;
- процес збирання готових виробів.

У складі процесу кожного етапу присутні технологічні, транспортні та контрольні операції. При впровадженні повної або комплексної механізації та автоматизації процесів виробництва операції ручної праці є повністю відсутніми і обов'язки працівника полягають в управлінні механізмами.

Модернізація системи електропостачання, комплексна механізація і автоматизація виробництва меблів можуть здійснюватися наступними шляхами:

- 1) розробка нових, досконалих, технологічних процесів;
- 2) створення нового устаткування у вигляді автоматичних ліній або використання існуючого типового устаткування з додатковим оснащенням його спеціалізованими засобами автоматизації у вигляді транспортних і завантажувальних пристроїв, накопичувачів, укладальників, регулюючих пристроїв контрольних приладів, лічильників і ін.

Багато задіяних у виробничому процесі деревообробних верстатів з механічною подачею (чотиристоронні строгальні, двосторонні шипорізні та ін.) є по суті напівавтоматами і можуть бути вбудовані в автоматичні лінії.

При устаткуванні технологічними бункерами з автоматичним подаванням заготовок у верстат такі машини перетворюються на автомати. При створенні нових технологічних верстатів, які використовуються для автоматизації виробництва, необхідно враховувати деякі вимоги:

- скорочувати основний час шляхом застосування високотехнологічних режимів і комбінованого інструменту;

- скорочувати допоміжний час шляхом прогресивного управління, установки транспортних, розвантажувальних і завантажувальних пристроїв, швидкої зміни інструменту, зручності налаштування і обслуговування верстата у процесі роботи;

- надійність механізмів, зокрема автоматично діючих пристроїв (електричних, пневматичних та ін.);

- легкість впровадження верстата в напівавтоматичні і автоматичні лінії технологічного процесу та ін.

Модернізація системи електропостачання, механізація і автоматизація технологічного процесу можуть бути застосовані на будь-якому етапі виробництва і в першу чергу в процесах формоутворення деталей. Розроблені і впроваджені в технологічний процес на даний час напівавтоматичні лінії для обробки щитів, ящиків, брусків можна віднести відносно до цього етапу.

Також відбувається автоматизація процесів фанерування заготовок із застосуванням пресів безперервної дії на механізацією допоміжних пресових операцій при формуванні пакетів. Успішно відбувається розвиток автоматизації обробних процесів, зокрема шліфування і полірування.

Разом з виробничими процесами автоматизація охоплює деякі допоміжні процеси, наприклад регулювання режимів сушки, режимів подачі клейових розчинів, лакофарбових матеріалів і ін.

Основним завданням модернізації системи електропостачання та механізації виробничих процесів є впровадження комплексної механізації і автоматизації виробництва з охопленням усіх етапів виробництва, з механізацією усіх основних і допоміжних операцій та трудомістких процесів.

Обов'язковою умовою для впровадження модернізації системи електропостачання та комплексної механізації і автоматизації є розробка моделі, що найбільш повно відповідає вимогам автоматизації.

Початкова модель, що закладається в основу такого складного переоснащення виробничого і технологічного процесу, яким є автоматизація, повинна відповідати наступним вимогам [15]:

- початкова модель протягом тривалого періоду часу повинна відповідати вимогам ринку, запитам споживача і мати гнучкість форм і зовнішнього вигляду при одних і тих же початкових елементах за типорозмірами і технології виготовлення;

- модель має бути орієнтована на застосування новітніх сучасних матеріалів і способів обробки;

- модель повинна мати найбільші експлуатаційні якості, забезпечувати зручність користування і відходу; мати міцність, жорсткість, стійкість і ін.;

- модель має бути сформована з найменшого числа вузлів і деталей, що виготовляються найкоротшим технологічним шляхом.

Процеси механічної обробки деревини, що пов'язані з базуванням заготовок, автоматизацією електропостачання верстатних ліній, укладанням деталей, встановленням стійких режимів різання і роботи різальних інструментів, нерідко створюють значні труднощі для автоматизації процесів [16].

Підсумовуючи переглянуті літературні джерела можна сказати, що найдоцільнішою є модернізація системи електропостачання технології пресування вузлів і деталей меблів з пластмаси, подрібнених часток деревини або пресування (виклеювання) вузлів і деталей з листових елементів (шпони) із застосуванням з'єднувальних речовин.

## 2 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Характеристика споживачів електроенергії

Електричним приймачем може бути будь який пристрій, в якому електроенергія здійснює перетворення в інший вид енергії – в механічну (електричні двигуни), теплову (електронагрівачі, електропечі, електрозварювачі), світлову (електричні джерела світла) або хімічну (електроліз, заряджання акумуляторів) та знаходить використання у виробничих або побутових цілях. Трансформатори і перетворювачі, в яких здійснюється перетворення не виду енергії, а тільки її потенціал (напруга) або носій (струм), також є електричними приймачами [17].

Відносно забезпечення надійності електропостачання електроприймачі розділяються на наступні три категорії [18].

Електричні приймачі I-ї категорії – це електричні приймачі, перерва електропостачання яких може викликати небезпеку для життя людей, небезпеку для безпеки держави, значний матеріальний збиток, порушення складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства, об'єктів зв'язку і телебачення. До електричних приймачів I-ї категорії відноситься особлива група, безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання небезпечі життя людей, вибухів та пожеж.

Електричні приймачі II-ї категорії – це електричні приймачі, перерва електропостачання яких може викликати масове недовідпущення продукції, масові простої працівників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності великої кількості міського і сільського населення.

Електричні приймачі III-ї категорії – це електричні приймачі, які не підпадають під визначення першої і другої категорії.

Електричні приймачі II-ї категорії в нормальних режимах роботи повинні мати забезпечення електричною енергією від двох незалежних (взаємно резервованих) джерел живлення. Для електричних приймачів II-ї категорії при відмові електропостачання від одного з джерел живлення допускається перерва

електропостачання на деякий час, необхідний для підключення резервного живлення за допомогою чергового персоналу або виїзної оперативної бригади [19].

ТОВ «Меблева фабрика БЕРЕГОВО» відноситься до лісової деревообробної промисловості і є споживачем II-ї і III-ї категорії електропостачання (табл. 2.1).

До споживачів II-ї категорії відносяться виробничі ділянки цеху, насосні станції технологічного водопостачання, компресорні, зарядна станція, котельня, вентилятори аспірації цеху і сушильних камер, сантехнічна вентиляція (табл. 2.2).

До споживачів III-ї категорії відносяться матеріальні склади, ремонтно-механічні і електроремонтні майстерні, інші допоміжні об'єкти, що не відносяться до споживачів I-ї і II-ї категорій (табл. 2.3).

Таблиця 2.1 - Категорії електричних приймачів підприємства

Найменування ділянки	Категорія електропостачання	Зона пожежо-небезпеки	Зона вибухо-небезпеки
1. Механічна ділянка	II	II-I	-
2. Бойлерна	II	II-II	-
3. Ділянка стягування	II	II-I	-
4. Ділянка пресів	II	II-I	-
5. ІМА	II	II-I	-
6. Ділянка повторної обробки	II	II-I	-
7. Заточна ділянка	III	II-I	-
8. Ділянка обробки	II	II-I	B-II
9. Компресорна	II	II-I	-
10. Сушильні камери № 1	II	II-II	-
11. Ділянка кранів	II	II-II	B-ІБ
12. РММ	III	II-I	-
13. Сушильні камери №2	II	II-II	-
14. Котельня	II	II-II	B-ІА
15. Експериментальний цех	II	II-I	-

Таблиця 2.2 - Споживачі електроенергії  
ТОВ «Меблева фабрика БЕРЕГОВО»

Інв. номер	Найменування	Дата введення	% аморти.	Примітка
1.	Верстат щітковий	01.11.2004	8,3	Стягування
7.	Верстат токарний	01.06.2007	8,3	
13.	Верстат фрезерний ФС	01.09.2002	8,3	Механічний
14.	Вентилятор	15.07.2010	27	
15.	Вентилятор №5	01.09.2003	10	
16.	Вентилятор	15.07.2010	27	
19.	Вентилятор	15.07. 2010	27	
20.	Вентилятор	15.07. 2010	27	
21.	Вентилятор	15.07. 2010	27	
23.	Вентилятор	15.07. 2010	27	
26.	Верстат круглопилочний	01.11.1994	8,3	
31.	Верстат фрезерний ФС	01.03.2007	8,3	
50.	Верстат шліфувальний	01.09.1997	8,3	
57.	Вентилятор	15.07. 2010	27	
58.	Вентилятор	15.07. 2010	27	
60.	Верстат пила СТУММ	15.07. 2010	5,6	
78.	Верстат-клеєвальц. фін.СК 4/92-900	29.05.2013	8,3	2 прес
100.	Верстат HOLZHER	30.03.2019		експеримент.
101.	Свердильно-присад. верстат FORMA 63	30.03.2019		
102.	Свердильно-присад. верстат G21M GRIGGIO	01.07.2019		Експеримент.
103.	Верстат кромка LANGE B-58	30.03.2019		
104.	Формово-розкрійн. верстат ALTENDORE F-92T	30.03.2019		Експеримент.
111.	Вентилятор пилоуки	30.09.2003	10	
113.	Настільна свердильна установка Н-112	01.03.2007	5	РММ
119.	Верстат настільний свердильний 2М-112	15.07.2010	8,3	
127.	Верстат токарно-гвинторізний 250 ITBM 01	01.10.1997	5	РММ
137.	Верстат свердильно-присадний ССП-2*4	30.11.2003	8,3	Повторка
139.	Верстат круглопилочний	01.10.1998	8,3	Не підключений
146.	Верстат круглопилочний	01.02.1998	8,3	
165.	Транспортер для вантаження меблів	01.02.2004	20	
169.	Верстат фрезерний УФС-1	01.03.2004	8,3	СПЗ
174.	Верстат круглопилочний з підрізуван. КК-315	28.02.2002	8,3	ІМА
194.	Верстат SINGLE 89 POLYMAC	30.09.2002	8,3	ІМА
195.	Верстат свердильно-присадний М-3\ Р 12	30.10.2002	8,3	ІМА
200.	Верстат BMV	29.12.2001	8,3	Стягування
203.	Верстат Profimat 23 Jubilee	30.08.2001	8,3	Механічний
204.	Верстат Rondamat 934	30.08.2001	8,3	
205.	Верстат свердильно-присадн. К-111 РА\14-6-4	29.12.2001	8,3	Повторка
206.	Верстат свердильно-присадний М-3\ МЕ	29.12.2001	8,3	Повторка
209.	Верстат вальцовий КАСКО LS-275	24.10.2002	8,3	
215.	Верстат свердильно-присадний ССП-2*7	31.05.2004	8,3	Повторка
237.	Прес ПСГЕ-1М /електричний/	30.10.2002	7,7	
297.	Верстат деревообробний ЦДК	30.12.2001	12,9	Механічний
310.	Верстат різання листового матеріалу СК-2	30.12.2001	5	
311.	Верстат ЦДК-5	30.12.2001	12,9	Механічний
342.	Верстат форматно-розкрійний ЦТ-4Ф	30.12.2001	12,9	Механічний
345.	Верстат	30.08.2001	8,3	
352.	Верстат КВ 9-1	30.08.2001	8,3	
358.	Верстат шліфувальний ШЛПС	01.10.2002	8,3	СПЗ
359.	Верстат шліфувальний ШЛПС	01.12.2000	8,3	СПЗ
361.	Верстат рейсмусовий СР6	15.07.2010	5,6	Механічний
363.	Верстат шліфувальний ШЛПС	01.06.2000	8,3	СПЗ
364.	Верстат торцювання декору	01.01.2006	8,3	Механічний
365.	Верстат вертикально-копіювальний 4-х шпінд.	01.01.2006	8,3	

366.	Таль електрична 2 Т.	15.03.2010	14,3	
367.	Верстат фрезерний ФСШ-1	01.02.1997	8,3	СПЗ
370.	Верстат 2-х метр. шліфувальний	01.09.2007	8,3	
372.	Верстат шліфувальний	01.03.2000	8,3	
375.	Вентилятор	15.07.2010	11,1	
379.	Шліфувальний барабан ШЛДБ-4	01.12.1995	8,3	СПЗ
381.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.12.1998	8,3	Механічний
383.	Верстат КТД 51/F 10	30.10.2012	8,3	ІМА
384.	Верстат вертикально-фрезерний ВМ-127	01.12.1991	8,3	РММ
385.	Верстат фрезерний	01.12.1991	8,3	Експеримент.
386.	Верстат фугувальний СФЧ-1	01.08.1997	8,3	Механічний
387.	Верстат фугувальний Іф033	01.02.1998	8,3	Механічний
389.	Верстат фрезерний ФСШ-1	01.07.1985	8,3	Повторка
390.	Верстат Ц-6	30.10.2012	12,9	Повторка
394.	Трансформатор зварювальний	01.12.2002	12,5	РММ
395.	Клеєвальці КВ-14	01.12.2022	8,3	1 прес
396.	Пила ТЕМА 1500i-s-LAZZARI	30.12.2012	12,9	ІМА
397.	Верстат віброшліфувальний ШЛ2В	01.07.2001	8,3	Обробка
398.	Клеєвальці КВ-14	01.04.2004	8,3	
399.	Верстат віброшліфувальний ШЛ2В	01.03.1997	8,3	Обробка
411.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.07.2003	8,3	Механічний
412.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.07.2005	8,3	Механічний
413.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.12.1993	8,3	Механічний
415.	Верстат деревообробний	30.08.2000	12,9	
416.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.08.1997	8,3	СПЗ
417.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.06.1993	8,3	Стягування
418.	Верстат круглопилочний Ц-6	01.06.1993	8,3	СПЗ
419.	Верстат фрезерний ФСШ-1	01.09.2003	8,3	Повторка
420.	Верстат токарний	30.08.2010	8,3	РММ
424.	Верстат шліфувальний ШЛПС	01.07.1993	8,3	СПЗ
426.	Верстат шліфувальний	01.07.1993	8,3	
427.	Верстат шліфувальний	01.07.2000	8,3	Вулиця
428.	Верстат торцювання	01.01.2002	8,3	
430.	Верстат реброклеючий РС-9	01.07.1998	8,3	
431.	Верстат реброклеючий РС-9	01.04.2004	8,3	Устан.
442.	Верстат ножезаточний ТЧН-31	01.06.1988	5,6	Заточування
456.	Верстат реброклеючий РС-9	01.07.2004	8,3	Устан.
458.	Верстат реброклеючий РС-9	01.07.1996	8,3	Стягування
459.	Верстат реброклеючий РС-9	01.07.1996	8,3	Стягування
460.	Верстат реброклеючий РС-9	01.07.1996	8,3	
461.	Верстат рейсмусовий СР 6-9	01.12.1999	8,3	Механічний
462.	Машина швейна	01.04.2002	10	
463.	Машина швейна	01.03.2007	10	
467.	Вентилятор ВЦ 10	01.03.2007	27	
468.	Вентилятор Ц 4-40	01.04.2006	27	
475.	Лінія МФП-1	01.06.1995	7	3 прес
476.	Лінія ЛІГНАКОН	01.03.2007	7	обробка
479.	Прес польск. ДРХJA-475	01.04.2004	7	1 прес
482.	Лінія ДРХJA-475	01.02.2000	7	2 прес
483.	Лінія МРП	01.07.1999	7	механічний
484.	Лінія ІМА	01.12.2004	7	ІМА
487.	Ножиці гільйотини НГ-18-1	01.12.2003	8,3	Стягування
491.	Ножиці гільйотини НГ-18-1	01.08.1999	8,3	Збірка
492.	Ножиці гільйотини НГ-18-1	01.07.2005	8,3	Стягування
501.	Тунель сушильний	01.10.2005	12,5	
503.	Трансформатор зварювальний пост. струму	01.07.2005	12,5	РММ
505.	Тунель сушильний	01.12.2002	12,5	
506.	Ліфт	01.12.1997	20	
507.	Ліфт	01.12.1998	20	
511.	Верстат настільно-свердлильний	01.01.2005	8,3	
519.	Транспортер ланцюговий підлоговий	01.10.2005	12,5	
549.	Вентилятор ВЦ 14-46	01.12.2003	11,1	

550.	Вентилятор Ц 4-75	01.06.2004	11,1	
583.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.03.1994	8,3	Повторка
584.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.03.1994	8,3	Повт. відключ.
585.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.03.1994	8,3	
595.	Верстат форматно-розкрійний NSE-1500	31.03.2015	8,3	ІМА
611.	Верстат МОК-4	01.02.2003	7	ІМА
613.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.11.1995	8,3	
614.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.11.1995	8,3	
615.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.11.1995	8,3	Повторка
616.	Верстат свердлильно-присадний СП-3	01.11.1995	8,3	Повторка
621.	Кран козлової	01.12.1990	5	Вулиця
626.	Верстат реброклеючий РС-9	01.03.2004	8,3	Стягування
627.	Верстат шліфувальний	01.07.1996	8,3	
631.	Лаконаливна машина ЛМ-3	01.08.1996	8,3	
637.	Верстат реброклеючий РС-9	01.01.2003	8,3	
639.	Верстат токарний по дереву ТП 40-1	01.09.2000	8,3	СПЗ
645.	Верстат присадний СПЗ 0000	01.05.1998	8,3	
646.	Верстат присадний СПЗ 0000	01.05.1998	8,3	Повторка
647.	Верстат присадний СПЗ 0000	01.05.1998	8,3	
648.	Верстат присадний СПЗ 0000	01.05.1998	8,3	Повторка
649.	Верстат КІС 1-10	31.10.2015	12,9	ІМА
651.	Лаконаливна машина	01.09.1999	12,5	
659.	Верстат заточний напівавтомат	01.10.2000	5,6	Вулиця
677.	Прес гідравлічний П474	01.07.1999	7	Заробка
678.	Прес гідравлічний	01.08.1999	7	
679.	Електролобзик	01.01.2017	20	
687.	Електроталь 1,0 Т	01.12.2002	14,3	
688.	Електроталь 3,2 Т	01.12.2002	14,3	
689.	Електроталь імп. 5Т	01.12.2003	14,3	
690.	Електроталь 0,5	01.12.2003	14,3	
701.	Верстат автомат. свердл. TECHNO 7 BIESSE	31.08.2016	8,3	Повторка
754.	Пиловловлювач	30.11.2016	10	
789.	ТП 83	01.12.1985	1,7	
937.	Сушільний агрегат АКС 01.10	01.10.2017	12,5	
1500.	Насос 50 НР 16	23.07.2018		
2173.	Темп-7	01.10.2004	4,4	
5000.	Верстат ДЕЛІМА-СТЕФАНІ	15.01.2009	7	Експеримент.
47250.	Машина швейна	01.07.2018		
47251.	Машина швейна	01.07.2018		

Таблиця 2.3 - Вихідні дані електроустановки

**Місце установки    Список устаткування    Кількість    Потужність, кВт**

ОСВІТЛЕННЯ ПО ЦЕХУ	Світильники люмінесцентні	1433	120
	Світильники розжарювання	330	35
	Лампи ДРЛ	91	35
	Щити освітлення	32	
	Щити силові	48	
МЕХАНІЧНА ДІЛЯНКА	ЦДК-5 5-пильний	1	40
	Теплова завіса		1,5
	Рейсмус	2	18
	МРП	1	88
	Ц-6 пила	1	5
	Присадний верстат	1	1,5
	Верстат формату Цт4ф	1	25
	Profimat 4-х сторонній	1	25
	Декорний верстат	2	4,4
Фрезерний	1	5,5	



	Теплова завіса	1	5
	Ц-6 пила	2	10
	Фуганок	1	5,5
БОЙЛЕРНА	Електродвигуни	6	83,5
СТЯГУВАННЯ ДІЛЯНКА	Ц-6 пила	1	5
	Об'єднання	1	7
	Ножиці	3	15
	Паперорізка	1	3
	Прес	1	5
	Відрізний верстат	1	0,5
	Клевальці	4	10
	Прес ПСГЕ	1	3
	Декорний верстат	1	3
	Шліфувальний верстат	1	1,5
	РС-9	9	20
	Різання стрічки	1	0,5
ДІЛЯНКА ПРЕСІВ	1 прес	1	40
	2 прес	1	40
	3 прес	1	40
ІМА	ІМА	1	150
ДІЛЯНКА ПОВТОРНОЇ ОБРОБКИ	Фуганок	1	5,5
	ШЛПС	2	6
	Фрезерний	2	10
	Ц-6 пила	2	10
	Компресор	1	11
	ШЛДБ	1	7,5
	Токарний по дереву	1	5
	Шліфувальний верстат	1	3
	МОК-4	1	7
	Вайма зняття кромки	1	2
	POLYMAC криволінійний	1	5
	BRANDT криволінійний	1	3
	Пила NSE 1500	1	6
	Пила болгарська	1	6
	Пила ТЕМА 1500	1	6
	Різання шкірки	1	1,5
	Пилосос промисловий	1	6
	Присадний верстат М-3г	1	5
	Пазовальний верстат	1	1,5
	Присадний верстат М-4ме	1	6
	Присадний верстат	4	45
	Фрезерний верстат	2	10
	Присадний верстат	1	10
	Фрезерний верстат	3	15
	Ц-6 пила	1	5
	Присадний верстат	4	20
	К-111 DETEL	1	25
	BIESSE TECHNO 7	1	25
	Прес П474	1	7
	Декорний верстат	1	6
	Підсвердловка	1	1,5
	ШЛПС	2	6
	Лобзик електричний	1	0,7
ЗАТОЧУВАННЯ	Rondamat 934	1	3
	ТЧПА	1	3
	Заточний верстат	1	4

	ЗВ642	1	2
	ТЧН-31	1	4
	НБТЧН 21-5	1	4
	Плющення ніхрому		1,5
	Вентилятор завісу	1	7,5
	Вентиляція	1	5,5
СКЛАД МЕБЛІВ	Завіса	2	26
	Тельфер	2	5
ПРОХІДНА			5
ОБРОБКИ ДІЛЯНКА	НЦ конвеєр	1	25
	Поліуретановий конвеєр	1	20
	ЛІГНАКОН	1	290
	Вентиляція		40
ВУЛИЦЯ	Вентиляція	27	440
КОМПРЕСОРНА	Компресор 20 кубів	1	125
	Компресор 10 кубів	1	75
	Компресор 25 кубів	1	200
	Насоси	3	5
СУШИЛЬНІ КАМЕРИ №1	Двигуни	3	33
	Тельфер	1	5
СКЛАД	Завіса	1 1	11
ЕЛЕКТРО- КАРНА РММ	Дистилятор	1	9
	Зарядні пристрої	6	45
	Компресор	1	5,5
	Завіса	1	7,5
	Зварювальний	1	8
	Пила	1	2,2
	Вентиляція	1	1,5
	Наждак	1	1
	Вулканіт	1	3
	Фрезерний	1	5,5
	Токарний	2	11
	Свердлувальний	1	1,5
	Прес паперовий	1	1,5
СУШИЛЬНІ КАМЕРИ №2	Двигуни	8	68
	Візок	1	1,5
КОТЕЛЬНА	Димососи	3	74
	Насоси	8	255
	Зварювальний	2	16
	Вулканіт	1	2
	Свердлувальний	1	1,5
	Трубозгин	1	2,2
	Заточний верстат	1	1
ЇДАЛЬНЯ			117
ЕКСПЕРИМЕН- ТАЛЬНА ДІЛЯНКА	Пила	1	6
	Ц-6 пила	1	5
	Верстат кромки HOLZHER	1	10
	Присадний	2	4
	Завіса	1	11
	Свердлувальний	1	2

## 2.2 Вибір напруги живлення і схеми електропостачання

На ТОВ «Меблева фабрика БЕРЕГОВО», де передбачається виконати реконструкцію, застосування напруги 10 кВ зумовлене умовами постачання електроенергії як основної від районних мереж електричної системи м. Тернополя (рис. 2.1). Електропостачання споживачів цеху здійснюється від двох джерел: підстанції №1 (фідер 7105 і фідер 7209), а також підстанції №2 (фідер 1406).

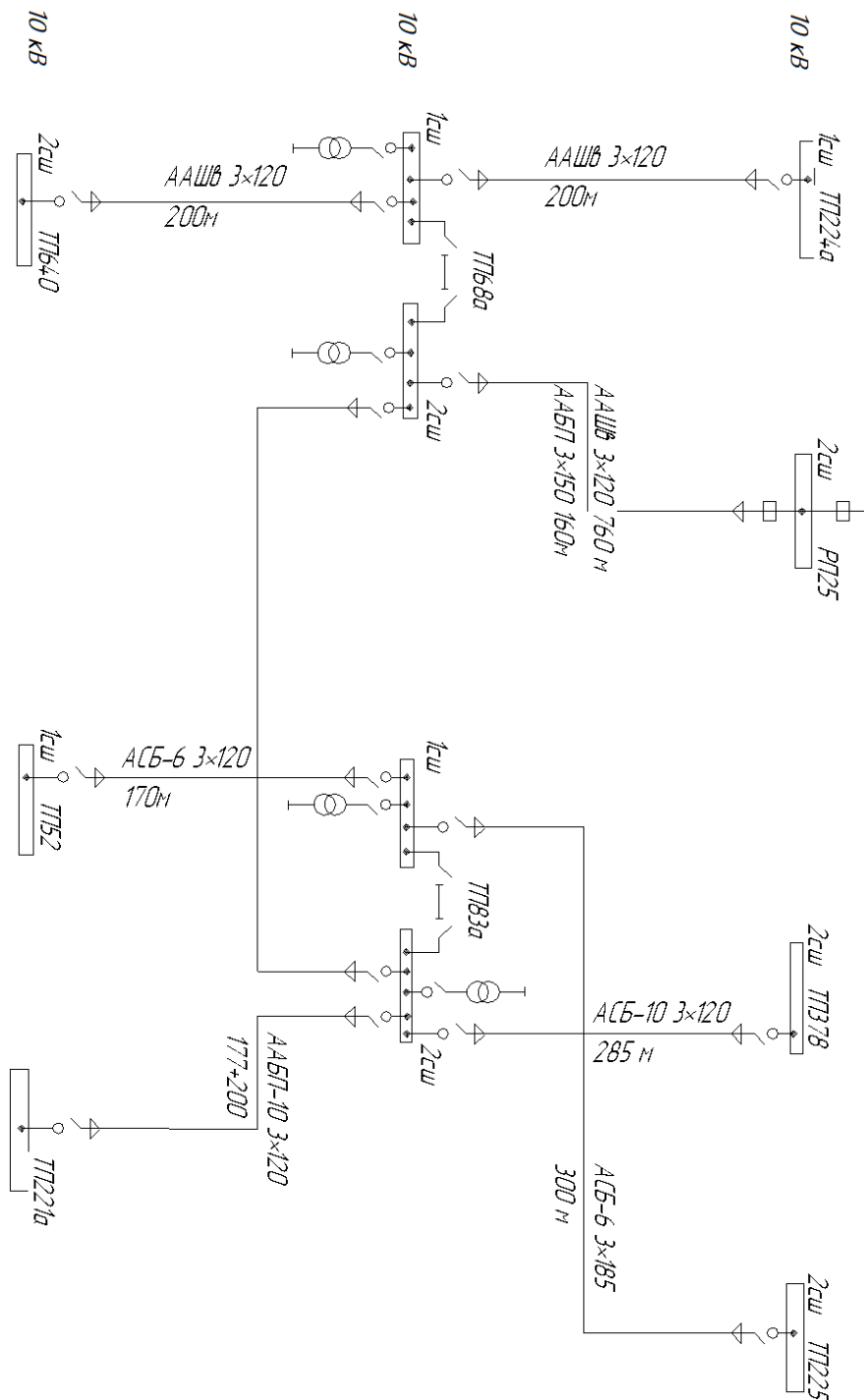


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема

Передача електроенергії від підстанцій №1 і №2 до підстанцій дільниці здійснюється кабельними лініями, що прокладаються як в землі, так і відкрито кабельними естакадами і тунелями.

Схема електропостачання дільниці має в своєму складі схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання. Схему електропостачання було вибрано з міркувань надійності, економічності та безпеки. Характер надійності визначається категорією електропостачання дільниці, тому кількість джерел живлення на підприємстві повинно бути не менше 2-х. На трансформаторних підстанціях ТП-68 і ТП-83 встановлено чотири трансформатори ТМЗ-630/10 (по 2 на кожную підстанцію), які заживлені за схемою розімкнених нерезервованих електричних мереж, зв'язаних районною системою. Між ТП-68 і ТП-83 по стороні високої напруги здійснюється зв'язок кабелем ААШВ-10 3х120-200м. Основні дані щодо схеми живлення високої напруги 10 кВ приведені на рис. 2.1.

Схема електропостачання споживачів дільниці 0,4 кВ змішана, радіально-магістральна.

В якості комутаційних апаратів на стороні 10 кВ встановлено вимикачі навантаження ВМПЗ в камерах КСО-366 3А400УЗ.

Розподіл електроенергії на стороні низької напруги здійснюється через стаціонарні панелі серії ЩО-70.

### **2.3 Вибір трансформаторів для цехової підстанції**

При виборі числа трансформаторів необхідно виходити з категорії надійності електропостачання. Для споживачів II категорії застосовуються двотрансформаторні підстанції з коефіцієнтом завантаження  $K_z = 0,7 \div 0,75$ .

Максимальна розрахункова потужність дільниці без компенсуючого пристрою:

$$S_{p.ц.} = 2162 \text{ кВА.}$$

Знаходимо повну потужність за участю коефіцієнта завантаження:

$$S_{н.тр.} = S'_{р.ц.}/Kз \cdot n = 2162 / 0,75 \cdot 4 = 720,6 \text{ кВА},$$

де  $n$  - кількість трансформаторів.

Вибираємо діючі трансформатори типу ТМН-630/10 74У1 з такими даними:

$$S_{тр.} = 630 \text{ кВА};$$

$$\Delta P_{xx} = 1,68 \text{ кВт}$$

$$\Delta P_{к.з.} = 7,6 \text{ кВт}$$

$$U_{к.з.} = 6,5 \%$$

$$I_{xx} = 3,2 \%$$

$$\Delta Q'_{xx} = S_{н.тр.} \cdot \frac{I_{xx}}{100} = 630 \cdot \frac{3,2}{100} = 20,16 \text{ (кВАр)}$$

$$\Delta Q'_{к.з.} = S_{н.тр.} \cdot \frac{U_{к.з.}}{100} = 630 \cdot \frac{6,5}{100} = 40,95 \text{ (кВАр)}$$

Знаходимо активні втрати з урахуванням коефіцієнта зміни втрат  $Kз.в.$ , який економічно еквівалентний показнику, частка втрат потужності якого в електромережах залежить від величини потужності, що передається.

Значення  $Kз.в.$  може коливатися в межах від 0,01 до  $0,12 \frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}$ .

Приймаємо  $Kз.в. = 0,07 \frac{\text{кВт}}{\text{кВАр}}$ .

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + Kз.в. \cdot Q_{xx} = 1,68 + 0,07 \cdot 20,16 = 3,09 \text{ (кВт)}$$

$$\Delta P'_{к.з.} = \Delta P_{к.з.} + Kз.в. \cdot Q_{к.з.} = 7,6 + 0,07 \cdot 40,95 = 10,4 \text{ (кВт)}.$$

Знаходимо приведені втрати в трансформаторі з врахуванням коефіцієнта завантаження:

$$\Delta P'_{тр.} = \Delta P'_{xx} + K^2_{з.} \cdot \Delta P'_{к.з.} = 3,09 + 0,75^2 \cdot 10,4 = 8,9 \text{ (кВт)}$$

$$\Delta Q'_{тр.} = \Delta Q'_{xx} + K^2_{з.} \cdot \Delta Q'_{к.з.} = 20,16 + 0,75^2 \cdot 40,95 = 43,09 \text{ (кВАр)}$$

Потужність, що споживається з мережі з врахуванням втрат в трансформаторі:

$$\Sigma P_{р.тр.} = P_{р.} + n \Delta P'_{тр.} = 1460,3 + 4 \cdot 8,9 = 1495,9 \text{ (кВт)}$$

$$\Sigma Q_{р.тр.} = Q_{р.} + n \Delta Q'_{тр.} = 1158,2 + 4 \cdot 43,09 = 1330,5 \text{ (кВАр)}$$

Знаходимо загальну споживану потужність з врахуванням втрат в трансформаторі:

$$\Sigma S_{p.mp.} = \sqrt{(\Sigma P_{p.mp.})^2 + (\Sigma Q_{p.mp.})^2} = \sqrt{(1495,9)^2 + (1330,5)^2} = 2001,3 \text{ кВА}$$

При роботі трансформаторів без компенсуючих пристроїв виникають додаткові втрати активної потужності і енергії у всіх елементах системи електропостачання, обумовлені завантаженням їх реактивною потужністю.

В процесі роботи підприємства більша частина електричних приймачів споживає з мережі крім активної потужності і реактивну потужність.

Основними споживачами реактивної потужності є електродвигуни (асинхронні) верстатів до 60-65% від загального споживання реактивної енергії і до 25% трансформаторів.

Природний коефіцієнт потужності з врахуванням втрат в трансформаторі:

$$\cos \varphi = \frac{\Sigma P_{p.mp.}}{\Sigma S_{p.mp.}} = \frac{1495,9}{2001,3} = 0,74;$$

$$\operatorname{tg} \varphi = 0,9.$$

$$Q_{к.п.} = 0,9 \cdot \Sigma P_{p.mp.} \cdot (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} 2 \varphi) = 0,9 \cdot 1495,9 \cdot (0,9 - 0,26) = 861 \text{ (кВАр)}.$$

При  $\operatorname{tg} 2 \varphi = 0$   $Q_{к.п.} = 1346,3$  (кВАр).

З літератури [23] вибираємо три конденсаторні установки ККУ-0,38 кВ, потужність кожної рівна 280 кВАр.

Звідси  $\Sigma Q_{к.п.} = 840$  кВАр.

Повна потужність трансформатора з врахуванням компенсуючого пристрою:

$$\Sigma S'_{p.mp.} = \sqrt{(\Sigma P_{p.mp.})^2 + (\Sigma Q_{p.mp.} - Q_{к.п.})^2} = \sqrt{(1495,9)^2 + (1330,5 - 840)^2} = 1574 \text{ (кВА)}$$

Після компенсації:

$$\operatorname{tg} \varphi = (\Sigma Q_{p.mp.} - Q_{к.п.}) / P_p = 1330,5 - 840 / 1693,9 = 0,28.$$

Коефіцієнт завантаження після компенсації:

$$K_z = \Sigma S'_{p.mp.} / n \cdot S_{mp.} = 1574 / 4 \cdot 630 = 0,62.$$

$$\Sigma Q_{р.кп.} = \Sigma Q_{p.mp.} - Q_{к.п.} = 1330,5 - 840 = 490,5 \text{ (кВАр)}.$$

## 2.4 Вибір захисних апаратів для електропостачання виробничих ділянок

Електропостачання механічної ділянки. Електропостачання верстатного устаткування здійснюється від силових розподільних пунктів, дані яких приведені в табл. 2.4.

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

РП 32 -  $I_{mp} = 40,2$  А; РП 33 -  $I_{mp} = 22,7$  А; РП 37 -  $I_{mp} = 37,9$  А; РП 38 -  $I_{mp} = 37,9$  А;  
РП 39 -  $I_{mp} = 60,7$  А; РП 40 -  $I_{mp} = 23,4$  А; РП 41 -  $I_{mp} = 133,7$  А

Таблиця 2.4 – Силові розподільні пункти механічної ділянки

Номер РП	Устаткування	$P_n$ , кВт	$I_n$ , А
РП-37	Чотиристоронній «Profimat»	25	37,9
РП-38	Теплова завіса	1,5	2,27
	Рейсмус СР6	18	27,3
	Фрезерний верстат ФС-1	5,5	8,4
РП-39	ЦДК-5 пятипильный	40	60,7
РП-33	Пила Ц-6	5	7,6
	Пила Ц-6	5	7,6
	Пила Ц-6	5	7,6
РП-32	Верстат формату ЦТ4Ф	25	37,9
	Свердильний верстат	1,5	2,27
РП-40	Декорний верстат	4,4	6,7
	Фугувальний верстат СФ4-1	5,5	8,4
	Теплова завіса	5	7,6
РП-41	МРП	88	133,7

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2.

Для лінії до РП:  $I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5}$ , де  $I_n$  – пусковий струм, А;

$I_n = K_n \cdot I_{n.д.}$ , де  $K_n$  - кратність пускового струму.

Приймаємо  $K_n = 5 \div 6,5$  - для асинхронного двигуна (АД).

$$FU \geq \frac{785 + 157,1}{2,5} = 376,8 \text{ А} \quad \Rightarrow \quad \text{вибираємо 3хПН2-400 А}$$

$$FU \geq \frac{408 + 62,9}{2,5} = 188,3 \text{ А} \quad \Rightarrow \quad \text{вибираємо 3хПН2-250 А}$$

$$FU \geq \frac{670 + 134}{2,5} = 321,6 \text{ А} \quad \Rightarrow \quad \text{вибираємо 3хПН2-400 А}$$

3) Вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту. Кабель АВВБ має полівінілхлоридну ізоляцію і оболонку, броньований сталевими стрічками із захисним покриттям [21].

$I_{доп.} \geq K_{зх.} \cdot I_{BC}$  – для ліній захищених тільки від КЗ запобіжників, де  $K_{зх.}$  – коефіцієнт захисту;  $K_{зх.} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А}; I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А.}$$

Вибираємо:

- для лінії до РП-40 і РП-41: запобіжник 3хПН2-400,  $I_{BC} = 400 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{доп.} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1,3,7 ПУЕ).

- для лінії РП-32 і РП-33: запобіжник ПН-250,  $I_{BC} = 200 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{доп.} = 90 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1,3,7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання механічної ділянки приведена на рис. 2.2.

Електропостачання бойлерної. У бойлерній встановлено 6 електродвигунів різної потужності, сумарна номінальна потужність електродвигунів складає  $\sum P_n = 83,5$ . Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.5.

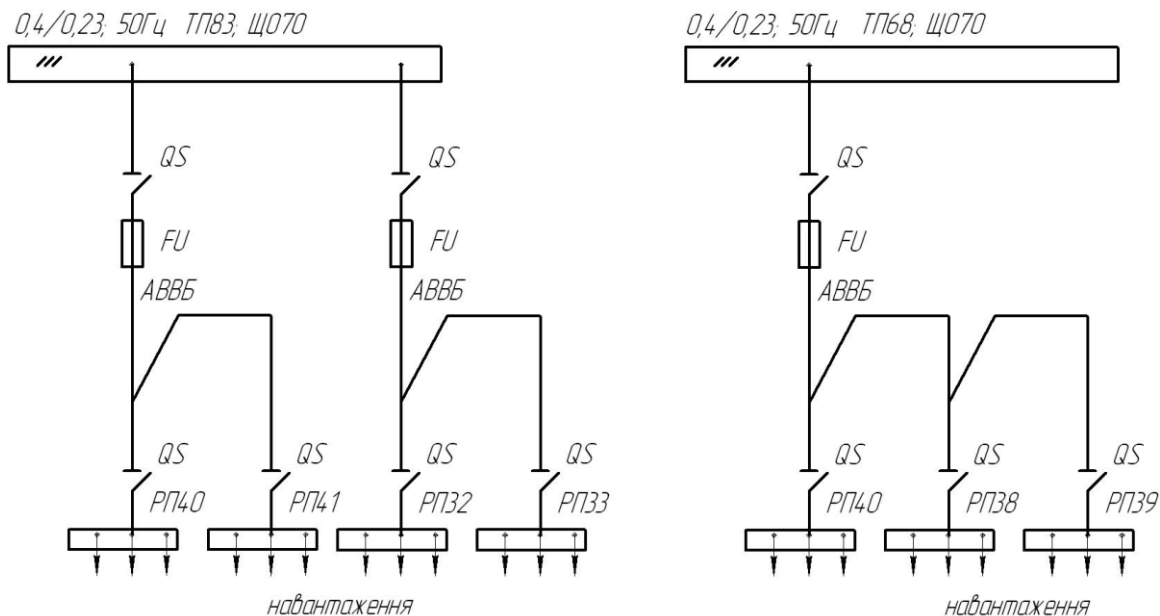


Рисунок 2.2 - Схема електропостачання механічної ділянки



Таблиця 2.5 – Устаткування бойлерної

Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_n$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
ЕД №1 - А160М4У3 1Р54	18,5	28,1	39,1	182,6	73,04	FU <sub>1</sub>
ЕД №2 - 4А160М4У3 1Р54	18,5	28,1	39,1	182,6	73,04	FU <sub>2</sub>
ЕД №3 - 4А132М4У3 1Р54	11	16,7	23,2	108,5	43,4	FU <sub>3</sub>
ЕД №4 - 4А132М4У3 1Р54	11	16,7	23,2	108,5	43,4	FU <sub>4</sub>
ЕД №5 - 4А132М4У3 1Р54	11	16,7	23,2	108,5	43,4	FU <sub>5</sub>
ЕД №6 - 4А132М4У3 1Р54	11	16,7	23,2	108,5	43,4	FU <sub>6</sub>

1) Визначаємо тривалий струм в лінії: 
$$I_{mp} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_{нх} \cdot \eta_{дв.} \cdot \cos \varphi_{дв.}}$$

2) Визначаємо дані і вибираємо провід типу АВВГ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 1$  – для нормальних приміщень.

3) Визначаємо дані і вибираємо теплове реле:  $I_{т.р.} \geq 1,25 \cdot I_{mp}$ , де  $I_{т.р.}$  – номінальний струм теплового реле, А.

Для 1-го і 2-го електродвигунів при  $I_{mp} = 39,1$  А:

$$I_{mp} \geq 1,25 \cdot 39,1 = 48,8 \text{ А.}$$

Вибираємо РТЛ-2057 з  $I_{ном} = 80$  А, діапазон регулювання номінального струму (38÷52 А) [22].

Для 3, 4, 5 і 6-го електродвигунів при  $I_{mp} = 23,1$  А:  $I_{mp} \geq 1,25 \cdot 23,1 = 29$  А.

Вибираємо РТЛ-2053 з  $I_{ном} = 80$  А, діапазон регулювання номінального струму становить 23÷32 А.

Вибираємо:

- для лінії F1 - запобіжник 3хПН2-100,  $I_{BC} = 80$  А,  $I_{відкл.} = 4,5$  кА;  
провідник  $I_{доп.} = 73$  А АВВГ 4х25,  $I_{доп.} = 75$  А; теплове реле РТЛ-2057;
- для лінії F2 - запобіжник 3хПН2-100,  $I_{BC} = 80$  А,  $I_{відкл.} = 4,5$  кА;  
провідник  $I_{доп.} = 73$  А АВВГ 4х25,  $I_{доп.} = 75$  А; теплове реле РТЛ-2057;
- для ліній F3-F6 - запобіжник 3хПН2-100,  $I_{BC} = 50$  А,  $I_{відкл.} = 4,5$ кА;

провідник  $I_{дон.} = 43$  А АВВГ 4x16,  $I_{дон.} = 60$  А; теплове реле РТЛ-2053.

Розрахована схема електропостачання бойлерної приведена на рис. 2.3.

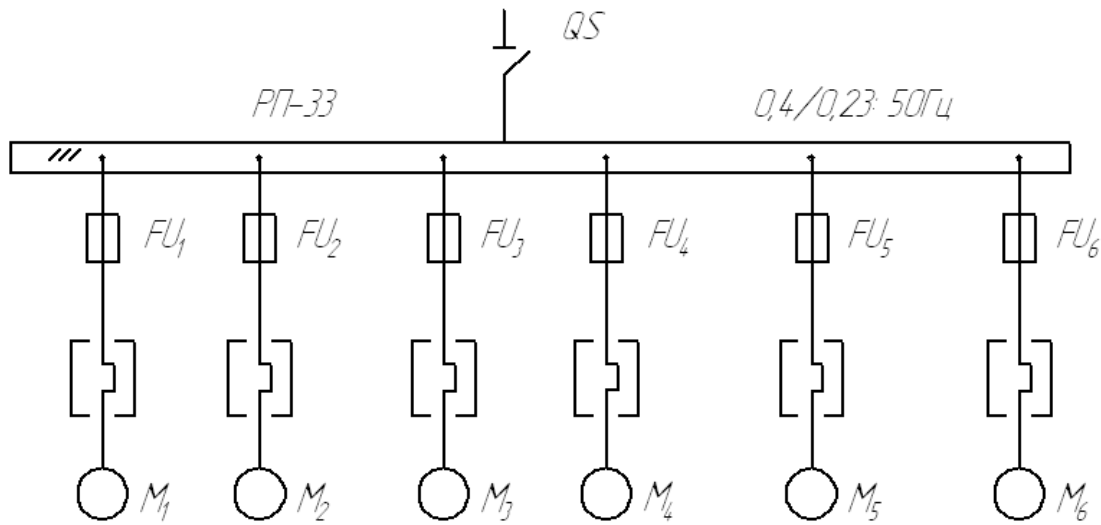


Рисунок 2.3 - Схема електропостачання бойлерної

Електропостачання ділянки стягування. Електропостачання верстатного устаткування проводиться від силових розподільних пунктів РП-44 і РП-45. Перелік устаткування та його характеристики приведені в таблиці 2.6.

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

РП-44  $\Rightarrow I_{mp} = 63,7$  А , РП-45  $\Rightarrow I_{mp} = 47,6$  А .

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{414,05 + 63,7}{2,5} = 191 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-250.}$$

$$FU \geq \frac{309,4 + 47,6}{2,5} = 142,8 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-250}$$

Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту.

$$I_{дон.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC},$$

де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А.}$$

Таблиця 2.6 – Устаткування ділянки стягування

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{тр}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП-44	Ножиці	15	22,8	63,7	191	FU
	Відрізний верстат	0,5	0,75	63,7	191	FU
	Декорний верстат	3	4,5	63,7	191	FU
	РС-9	20	30,4	63,7	191	FU
	Різання стрічки	0,5	0,75	63,7	191	FU
	Різання паперу	3	4,5	63,7	191	FU
РП-45	Пила Ц-6	5	7,5	47,6	142,8	FU
	Пресування	7	10,6	47,6	142,8	FU
	Прес	5	7,5	47,6	142,8	FU
	Клейвальці	10	15,2	47,6	142,8	FU
	Прес ПСГЕ	3	4,5	47,6	142,8	FU
	Шліфувальний верстат	1,5	2,3	47,6	142,8	FU

Вибираємо:

- для ліній до РП-44 запобіжник 3хПН2- 250 з  $I_{BC} = 200$  А,  $I_{відкл.} = 12$  кА;
- для ліній до РП-45 запобіжник 3хПН2-250 з  $I_{BC} = 160$  А,  $I_{відкл.} = 12$  кА.

Вибираємо провідник типу АВВБ 4х35 з  $I_{дон.} = 90$  А при прокладці в повітрі (згідно табл. 1.3.7 ПУЕ). Розрахована схема електропостачання бойлерної приведена на рис. 2.4.

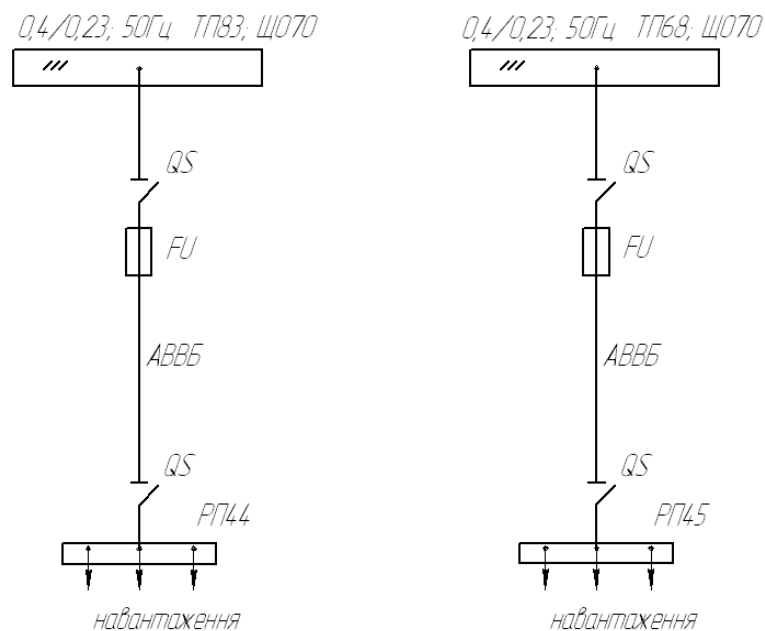


Рисунок 2.4 - Схема електропостачання ділянки стягування

Електропостачання ділянки пресів. Електропостачання верстатного устаткування проводиться від силових розподільних пунктів РП-28 і РП-35. Перелік устаткування та його характеристики приведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Устаткування ділянки стягування

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП- 28	Прес № 1	40	60,7	60,7	181,8	FU
РП- 35	Прес № 2	40	60,7	121,4	362,8	FU
	Прес № 3	40	60,7			

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$\text{РП-28} \Rightarrow I_{mp} = 60,7 \text{ А}; \quad \text{РП-35} \Rightarrow I_{mp} = 121,4 \text{ А.}$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{394 + 60,7}{2,5} = 181,8 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-250.}$$

$$FU \geq \frac{786 + 121,4}{2,5} = 362,8 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-400.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту.

$$I_{дон.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC},$$

де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А}; \quad I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А.}$$

Вибираємо:

- для ліній до РП- 28 запобіжник 3хПН2-250 з  $I_{BC} = 200 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{дон.} = 90 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7. ПУЕ);

- для лінії до РП-35 запобіжник 3хПН2-400 з  $I_{BC} = 400 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{дон.} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання ділянки пресів приведена на рис. 2.5.

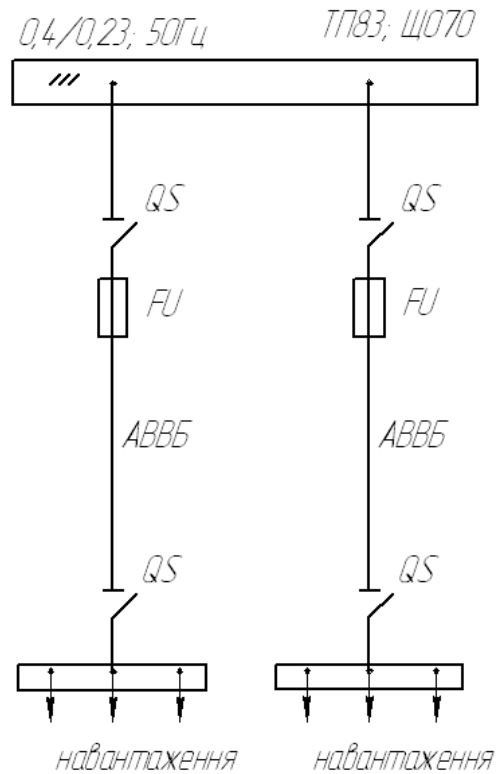


Рисунок 2.5 - Схема електропостачання ділянки пресів  
 Електропостачання лінії кромкофанування «ІМА» здійснюється від силового розподільного пункту РП-27. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Устаткування ділянки стягування

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП-27	Лінія «ІМА»	150	227	227	363,2	FU

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$\text{РП-27} \Rightarrow I_{mp} = 227 \text{ А.}$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \text{ - для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{681 + 227}{2,5} = 363,2 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-400.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту:

$$I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC},$$

де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А}$$

Вибираємо:

- для ліній до РП- 27 запобіжник 3хПН2- 400 з  $I_{BC} = 400 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{доп.} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7. ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання лінії кромкофанування «ІМА» приведена на рис. 2.6.

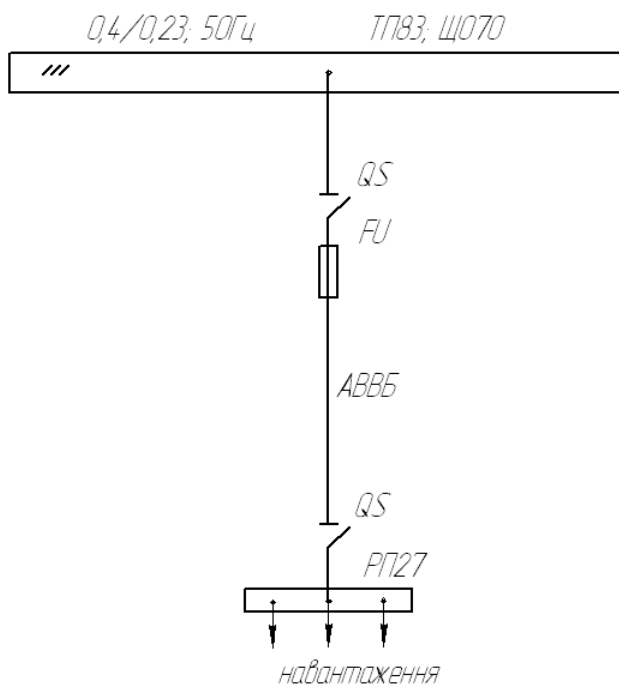


Рисунок 2.6 - Схема електропостачання лінії кромкофанування «ІМА»

Електропостачання ділянки повторної обробки. Електропостачання верстатного устаткування здійснюється від силових розподільних пунктів РП-25, РП-55, РП-26 і РП- 29. Перелік устаткування та його характеристики приведені в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Устаткування ділянки повторної обробки

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП-25	Свердлильний верстат М-3R	5	7,6	85	204	FU
	Свердлильний верстат М-4МЕ	6	9,1			
	Свердлильний верстат	45	68,3			
РП-61	Свердлильний верстат	10	15,1	146,1	350,4	FU
	Свердлильний верстат	20	30,3			
	Свердлильний верстат К-111 «Detel»	25	37,9			
	Свердлильний верстат «TECHNO-7»	25	37,9			
	Підсвердлювання	1,5	2,2			
	Фрезерний верстат	15	22,7			
РП-26	Фуганок	5,5	8,4	87,9	210,9	FU
	ШЛПС	6	9,1			
	Фрезерний УФС-1	10	15,1			
	Пила Ц-6	5	7,6			
	Пила Ц-6	5	7,6			
	Компресор	11	16,7			
	ШЛДБ	7,5	11,3			
	Токарний по дереву	5	7,6			
	Шліфувальний верстат	3	4,5			
РП-29	МОК-4	7	10,6	109,9	263,7	FU
	Вайма для зняття кромки	2	3			
	Верстат кромки «POLYMAC»	5	7,6			
	Верстат кромки «BRANDT»	3	4,5			
	Пила «Болгарка»	6	9,1			
	Пила «ТЕМА 1500»	6	9,1			
	Різання шкірки	1,5	2,2			
	Пилосос промисловий УВП	6	9,1			
	Пазувальний верстат	1,5	2,2			
	Фрезерний верстат	10	15,1			
	Пила Ц-6	5	7,6			
	Прес П-474	7	10,6			
	Декорний верстат	6	9,1			
	ШЛПС	6	9,1			
	Лобзик електричний	0,7	1			

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$\text{РП-25} \Rightarrow I_{mp} = 85 \text{ А}; \quad \text{РП-61} \Rightarrow I_{mp} = 146,1 \text{ А};$$

$$\text{РП-26} \Rightarrow I_{mp} = 87,9 \text{ А}; \quad \text{РП-29} \Rightarrow I_{mp} = 109,9 \text{ А}.$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{425 + 85}{2,5} = 204 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-250.}$$

$$FU \geq \frac{730 + 146,1}{2,5} = 350,4 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-400.}$$

$$FU \geq \frac{439,5 + 87,9}{2,5} = 210,9 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-250.}$$

$$FU \geq \frac{549,5 + 109,9}{2,5} = 263,7 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-400.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту:

$I_{\text{доп.}} \geq K_{\text{зщ}} \cdot I_{\text{BC}}$  – для ліній захищених тільки від КЗ запобіжниками,  
де  $K_{\text{зщ}} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{\text{доп.}} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А}; I_{\text{доп.}} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А.}$$

Вибираємо:

- для ліній до РП-25 і РП-26 запобіжник 3хПН2-250 з  $I_{\text{BC}} = 250 \text{ А}$ ,  $I_{\text{відкл.}} = 12 \text{ кА}$ .  
Провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{\text{доп.}} = 90 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ);

- для лінії до РП-61 запобіжник 3хПН2-400 з  $I_{\text{BC}} = 400 \text{ А}$ , і до РП-26 запобіжник 3хПН2-400 з  $I_{\text{BC}} = 315 \text{ А}$ ,  $I_{\text{відкл.}} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{\text{доп.}} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1.3.7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання ділянки повторної обробки приведена на рис. 2.7.

Електропостачання ділянки заточки. Електропостачання верстатного устаткування проводиться від силового розподільного пункту ПР 85-3011-21-УЗ. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.10.



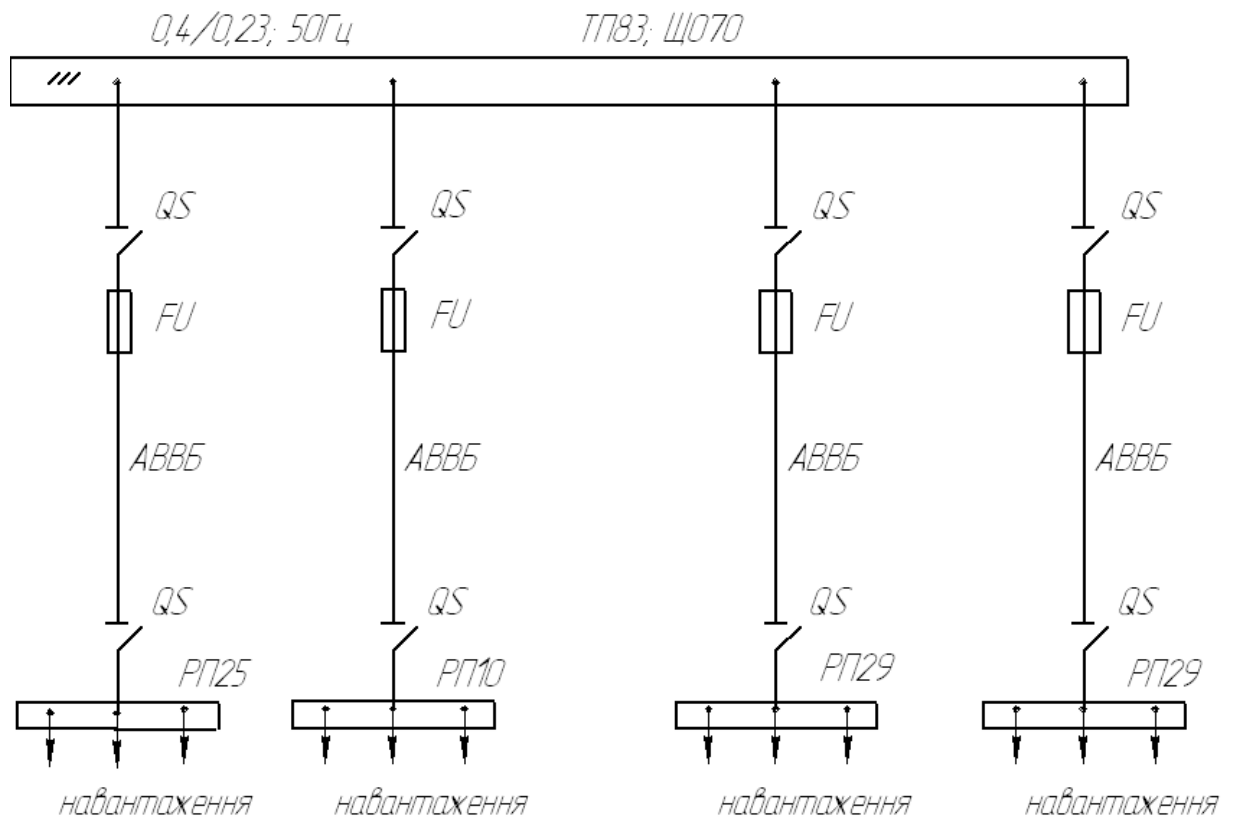


Рисунок 2.7 - Схема електропостачання ділянки повторної обробки

Таблиця 2.10 – Устаткування ділянки заточки

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{тр}$ , (А)	$I_{н.а.}$ , (А)	$I_{н.р.}$ , (А)	$I_{відкл.}$ , (А)
ПР 85-3011-21-УЗ	Pondamat 934	3	4,5	41,3	100	50	18
	ТЧПА	3	4,5				
	Заточний верстат	4	6				
	ЗВ642	2	3				
	ТЧН-31	4	6				
	НБТЧН 21-5	4	6				
	Вентиляція	7,5	11,3				

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$I_{тр} = I_n = 41,3 \text{ А.}$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ВА:

$$I_{н.р.} \geq I_{тр} = 41,3 \text{ А; } I_{н.а.} \geq I_{н.р.},$$

де  $I_{н.а.}$  – номінальний струм автомата, А;

$I_{н.р.}$  – номінальний струм розмикача, А.

Вибираємо автоматичний вимикач ВА 52-31-3:

$$I_{н.а.} = 100 \text{ А}, \quad I_{у(н)} = 1,1 \cdot I_{н.р.}$$

$$I_{н.р.} = 50 \text{ А}, \quad I_{у(кз)} = 2 \cdot I_{н.р.}$$

$$U_{н.а.} = 380 \text{ В}, \quad I_{відкл.} = 18 \text{ кА.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВГ з урахуванням автоматичного захисту:

$$I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{у(н)},$$

$I_{у(н)} = 1,1 \cdot I_{н.р.}$  – для групової лінії з декількома електродвигунами.

$$I_{у(н)} = 1,1 \cdot 50 = 55 \text{ А}, \quad I_{доп.} \geq 55 \text{ А.}$$

При прокладці в приміщеннях з нормальними умовами в повітрі  $K_{зщ} = 1$ .

Вибираємо провідник типу АВВГ 4x16,  $I_{доп.} = 60 \text{ А}$  при прокладці в повітрі згідно таблиці 1.3.7 ПУЕ. Розрахована схема електропостачання ділянки заточки приведена на рис. 2.8.

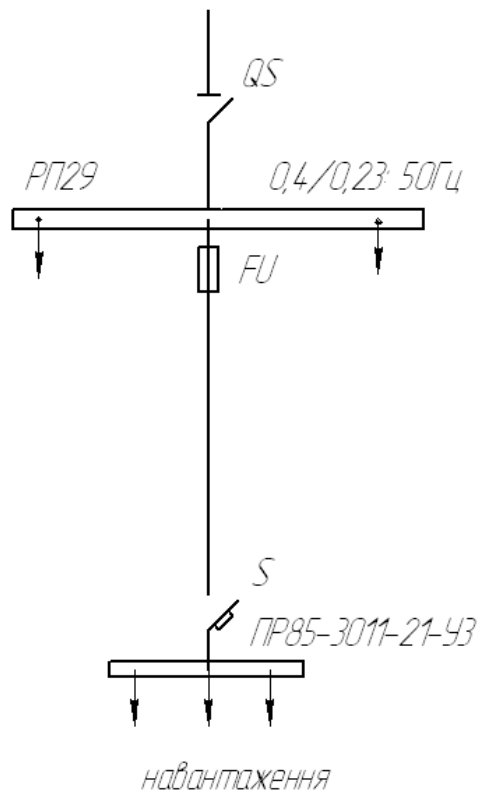


Рисунок 2.8 - Схема електропостачання ділянки заточки

Електропостачання ділянки обробки. Електропостачання верстатного устаткування проводиться від силових розподільних пунктів РП-8; РП-9 і РП-10. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Устаткування ділянки обробки

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запобіжн.
РП-8	Поліуретановий конвеєр	20	30,3	135	216	FU
	НЦ-конвеєр	25	37,9			
	Вентиляція	44	66,8			
РП-9	Лінія «Лігнаком»	140	212,7	212,7	340,3	FU
РП-10	Лінія «Лігнаком»	150	227,9	227,9	364,6	FU

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$\text{РП-8} \Rightarrow I_{mp} = 135 \text{ А}; \text{ РП-9} \Rightarrow I_{mp} = 212,7 \text{ А}; \text{ РП-10} \Rightarrow I_{mp} = 227,9 \text{ А}.$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{405 + 135}{2,5} = 216 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-250,}$$

$$FU \geq \frac{638,1 + 212,7}{2,5} = 340,3 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-400,}$$

$$FU \geq \frac{683,7 + 227,9}{2,5} = 364,6 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-400.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії:

$$I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А}; I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А}.$$

Вибираємо:

- для ліній до РП- 8 запобіжник 3хПН2- 250 з  $I_{BC} = 250 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{доп.} = 90 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ);

- для лінії до РП-9 і РП-10 запобіжник 3хПН2-400 з  $I_{BC} = 400 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ .

Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{дон.} = 140$  А при прокладці в повітрі (табл.1.3.7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання ділянки обробки приведена на рис. 2.9.

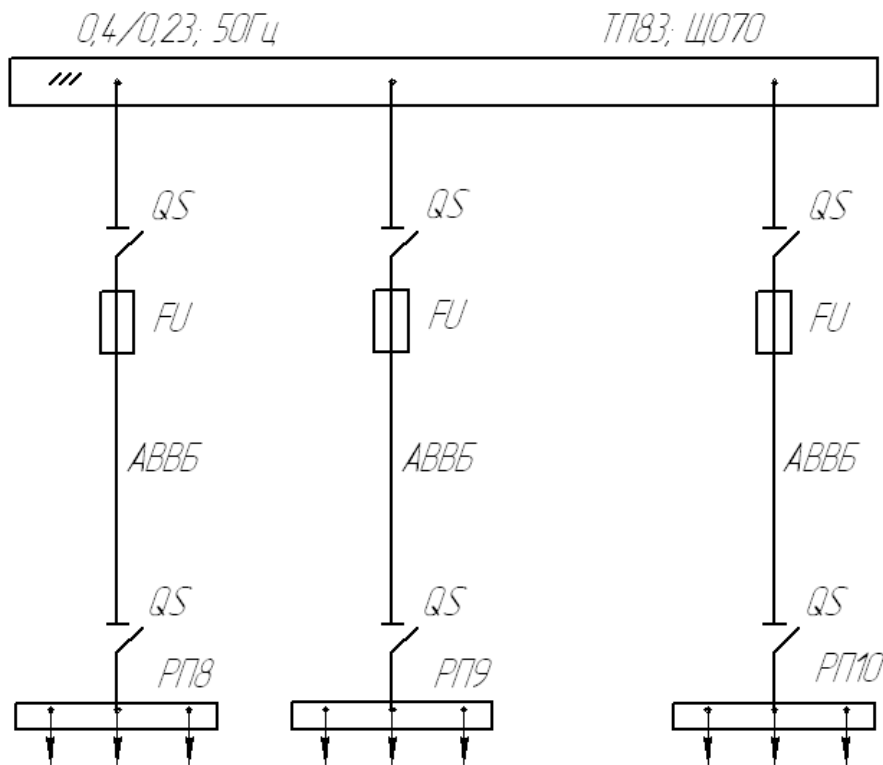


Рисунок 2.9 - Схема електропостачання ділянки обробки

Електропостачання компресорної. Електропостачання компресорів здійснюється від силових щитів РП-31 і РУС-Е. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Устаткування компресорної

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП-31	Компресор 10 куб.	75	113,9	121,4	194,2	FU
	Насоси	5	7,5			
РУС-Е1	Компресор 20 куб.	125	189,9	189,9	303,8	FU
РУС-Е2	Компресор 25 куб.	200	303	303	484,8	FU

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$\text{РП-31} \Rightarrow I_{mp} = 121,4 \text{ А}; \text{ РУС-Е1} \Rightarrow I_{mp} = 189,9 \text{ А}; \text{ РУС-Е2} \Rightarrow I_{mp} = 303 \text{ А}.$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{364,2 + 121,4}{2,5} = 194,2 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-250,}$$

$$FU \geq \frac{569,7 + 189,9}{2,5} = 303,8 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-400,}$$

$$FU \geq \frac{909 + 303}{2,5} = 484,8 \text{ А} \quad \Rightarrow \text{ вибираємо 3хПН2-600.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{дон.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А}; I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А}; I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 600 = 198 \text{ А.}$$

Вибираємо:

- для ліній до РП- 31 запобіжник 3хПН2- 250 з  $I_{BC} = 200 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{дон.} = 90 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ);

- для лінії до РУС 8102-5300 запобіжник 3хПН2-400 з  $I_{BC} = 315 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{дон.} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1.3.7 ПУЕ);

- для лінії до РУС 8102-6300 запобіжник 3хПН2-600 з  $I_{BC} = 500 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ . Провідник типу АВВБ 4х120,  $I_{дон.} = 200 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1.3.7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання компресорної приведена на рис. 2.10.

Електропостачання сушильних камер № 1. Електропостачання сушильних камер №1 здійснюється від силової розподільної шафи РП-60. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.13.

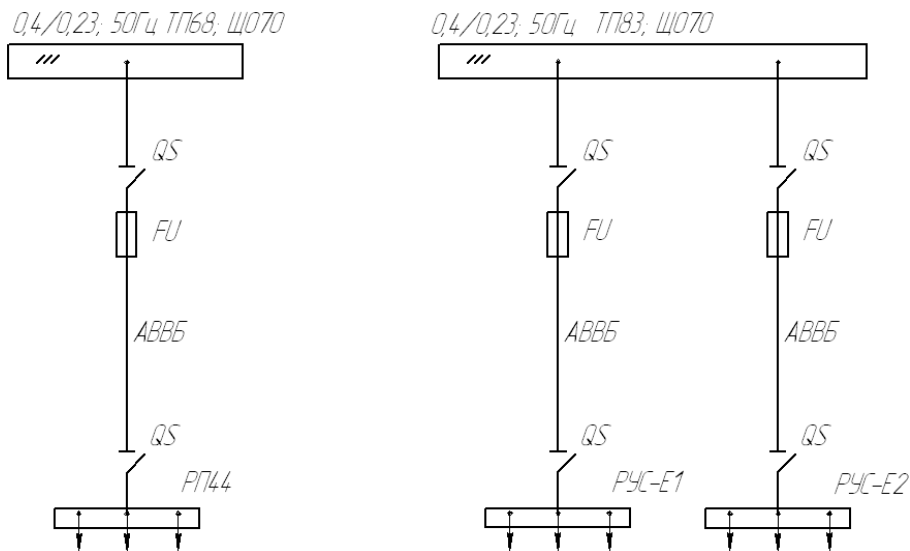


Рисунок 2.10 - Схема електропостачання компресорної

Таблиця 2.13 – Устаткування сушильних камер № 1

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_3$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
Від РП-60	Електродвигун 4AP160S6У3	11	16,7		108,5		FU
	Електродвигун 4AP160S6У3	11	16,7	23,7	108,5	67,8	FU
	Електродвигун 4AP160S6У3	11	16,7		108,5		FU
	Тельфер	5	7,5	16,1	37,5	15	FU

1) Визначаємо тривалий струм в лінії: 
$$I_{mp} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_{nx} \cdot \eta_{дв.} \cdot \cos \varphi_{дв.}}$$

2) Вибираємо запобіжники:

$$I_{BC} = \frac{I_3}{1,6} - \text{для лінії з ЕД і важким пуском};$$

$$I_{BC} = \frac{I_3}{2,5} - \text{для ліній з ЕД і легким пуском.}$$

$$I_{BC} = \frac{I_3}{1,6} = \frac{108,5}{1,6} = 67,8 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-100};$$

$$I_{BC} = \frac{I_3}{2,5} = \frac{37,5}{2,5} = 15 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хНПН2-60.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу КГ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 1$  – для нормальних приміщень.

$$I_{доп.} \geq 1 \cdot 67,8 = 67,8 \text{ А}; I_{доп.} \geq 1 \cdot 15 = 15 \text{ А.}$$

4) Визначаємо дані і вибираємо теплове реле:  $I_{т.р.} \geq 1,25 I_{тр}$ , де  $I_{т.р.}$  – струм теплового реле, А.

Для ЕД 4АР160S643 при  $P_n = 11$  кВт:  $I_{т.р.} \geq 1,25 \cdot 23,7 = 29,6$  А. Приймаємо РТЛ-2053,  $I_{ном} = 80$  А, діапазон регулювання номінального струму, А (23 ÷ 32).

Для тельфера при  $P_n = 5$  кВт:  $I_{т.р.} \geq 1,25 \cdot 7,5 = 9,4$  А. Приймаємо РТЛ-1016,  $I_{ном} = 25$  А, діапазон регулювання номінального струму, А (9,5 ÷ 14).

Вибираємо:

- для ліній  $M_1, M_2, M_3$  запобіжник 3хПН2-100 з  $I_{BC} = 80$  А,  $I_{відкл.} = 4,5$  кА.

Провідник КГ 4х16,  $I_{доп.} = 75$  А при прокладці в повітрі (табл.1.3.6. ПУЕ). Теплове реле РТЛ-2053.

- для лінії  $M_4$  запобіжник 3хНПН2-60, з  $I_{BC} = 16$  А,  $I_{відкл.} = 4,5$  кА. Провідник КГ 4х25,  $I_{доп.} = 25$  А при прокладці на повітрі (табл.1.3.6 ПУЕ). Теплове реле РТЛ-1016.

Розрахована схема електропостачання сушильних камер №1 приведена на рис. 2.11.

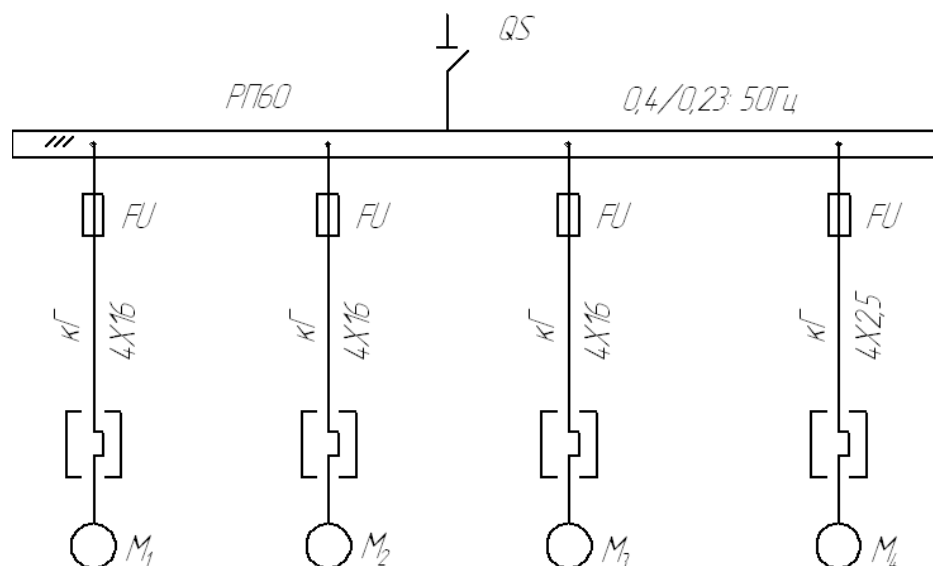


Рисунок 2.11 - Схема електропостачання сушильних камер №1

Електропостачання автокарної. Електропостачання автокарної здійснюється від силової розподільної шафи РП-56. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.14.

Таблиця 2.14 – Устаткування автокарної

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запобіжн.
РП-56	Дистилятори	9	13,6	90,2	144,3	FU
	Зарядний пристрій	45	68,3			
	Компресор	5,5	8,3			

1) Визначаємо тривалий струм в лінії: РП-56  $\Rightarrow I_{mp} = 90,2$  А.

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} - \text{для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{270,6 + 90,2}{2,5} = 144,3 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-250.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{дон.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А.}$$

Вибираємо для ліній до РП- 56 запобіжник типу 3хПН2- 250 з  $I_{BC} = 160$  А,  $I_{відкл.} = 12$  кА та провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{дон.} = 90$  А при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання автокарної приведена на рис. 2.12.

Електропостачання ремонтно-механічної майстерні. Електропостачання ремонтно-механічної майстерні здійснюється від силової розподільної шафи РП-55. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.15.



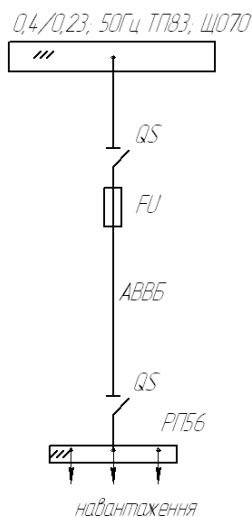


Рисунок 2.12 - Схема електропостачання автокарної

Таблиця 2.15 – Устаткування ремонтно-механічної майстерні

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запобіжн.
РП-55	Токарний	11	16,7	64,4	103	FU
	Фрезерний	5,5	8,35			
	Свердлильний	1,5	2,27			
	Прес	1,5	2,27			
	Відрізний	3	4,5			
	Пила відрізна	2,2	3,3			
	Зварювальний апарат	8	12,1			
	Теплова завіса	7,5	11,3			
	Наждачна бабка	1	1,5			
	Вентиляція	1,5	2,27			

1) Визначаємо тривалий струм в лінії: РП-55  $\Rightarrow I_{mp} = 64,4$  А.

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} = 103,04 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо } 3 \times \text{ПН2-250.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ:  $I_{дон.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{дон.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А.}$$

Вибираємо для ліній до РП-55 запобіжник типу 3хПН2-250 з  $I_{BC}=125$  А,  $I_{відкл.}= 12$  кА та провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{дон.} = 90$  А при укладанні в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ). Розрахована схема електропостачання РММ приведена на рис. 2.13.

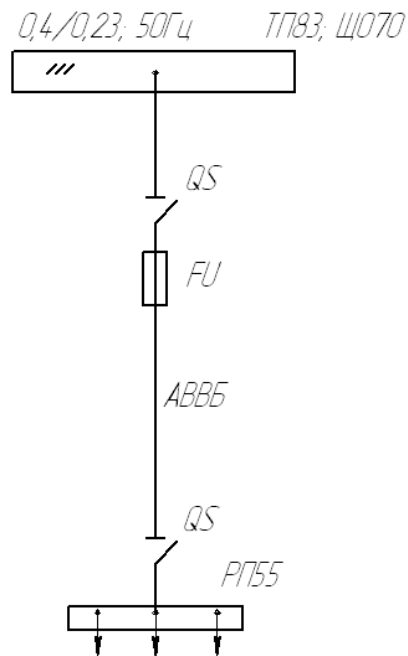


Рисунок 2.13 - Схема електропостачання ремонтно-механічної майстерні

Електропостачання сушильних камер №2. Електропостачання сушильних камер №2 здійснюється від силової розподільної шафи РП-47. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.16.

Таблиця 2.16 – Устаткування сушильних камер № 1

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_z$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП-47	Електродвигун 4AP160S6Y3	11	16,7	23,7	108,5	67,8	FU
	Електродвигун 4AP160S6Y3	11	16,7	23,7	108,5	67,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Електродвигун 4AP160S8Y3	7,5	11,3	16,1	73,4	45,8	FU
	Візок	7,5	11,3	16,1	11,3	6,8	FU

1) Визначаємо тривалий струм в лінії: 
$$I_{mp} = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_{nx} \cdot \eta_{\text{дв.}} \cdot \cos \varphi_{\text{дв.}}}$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу Пн2:

$$I_{BC} = \frac{I_3}{1,6} - \text{для лінії з ЕД і важким пуском.}$$

$$I_{BC} = \frac{I_3}{1,6} = \frac{108,5}{1,6} = 67,8 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-100;}$$

$$I_{BC} = \frac{I_3}{1,6} = \frac{73,4}{1,6} = 45,8 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-100}$$

$$I_{BC} = \frac{I_3}{2,5} = \frac{11,3}{2,5} = 4,5 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хНПН2-60.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу КГ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ ,

де  $K_{зщ} = 1$  – для нормальних (безпечних) приміщень.

$$I_{доп.} \geq 1 \times 67,8 = 67,8 \text{ А}; I_{доп.} \geq 45,8 \text{ А}; I_{доп.} \geq 6,8 \text{ А.}$$

4) Визначаємо дані і вибираємо теплове реле:  $I_{m.p.} \geq 1,25 \cdot I_{mp}$ ,

де  $I_{m.p.}$  – струм теплового реле (номінальний), А.

Для ЕД 4АР160S643 при  $P_n = 11$  кВт:  $I_{m.p.} \geq 1,25 \cdot 23,7 = 29,6 \text{ А.}$

Приймаємо РТЛ-2053,  $I_{ном} = 80 \text{ А}$ , діапазон регулювання номінального струму, А (23 ÷ 32).

Для ЕД 4АР160S843 при  $P_n = 7,5$  кВт:  $I_{m.p.} \geq 1,25 \cdot 16,1 = 20,1 \text{ А.}$

Приймаємо РТЛ-1022,  $I_{ном} = 25 \text{ А}$ , діапазон регулювання номінального струму, А (18 ÷ 25).

Для візка:  $I_{m.p.} \geq 1,25 \cdot 2,27 = 2,8 \text{ А.}$

Приймаємо РТЛ-1008,  $I_{ном} = 25 \text{ А}$ , діапазон регулювання номінального струму, А (2,4 ÷ 4).

Вибираємо:

- для лінії F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub> запобіжник 3хПН2-100 з  $I_{BC} = 80 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 4,5 \text{ кА}$ . Провідник КГ 4х16,  $I_{доп.} = 75 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1.3.6. ПУЕ). Теплове реле РТЛ-2053;

- для ліній F<sub>3</sub> - F<sub>8</sub> запобіжник 3хПН2-100 з  $I_{BC} = 50$  А,  $I_{відкл.} = 4,5$  кА. Провідник КГ 4х10,  $I_{дон.} = 55$  А при прокладці на повітрі (табл.1.3.6 ПУЕ). Теплове реле РТЛ-1022;

- для лінії F<sub>9</sub> запобіжник 3хНПН2-60 з  $I_{BC} = 10$  А,  $I_{відкл.} = 1$  кА. Провідник КГ 4х1,5,  $I_{дон.} = 19$  А при прокладці в повітрі (табл.1.3.6 ПУЕ). Теплове реле РТЛ-1008.

Розрахована схема електропостачання сушильних камер № 2 приведена на рис. 2.14.

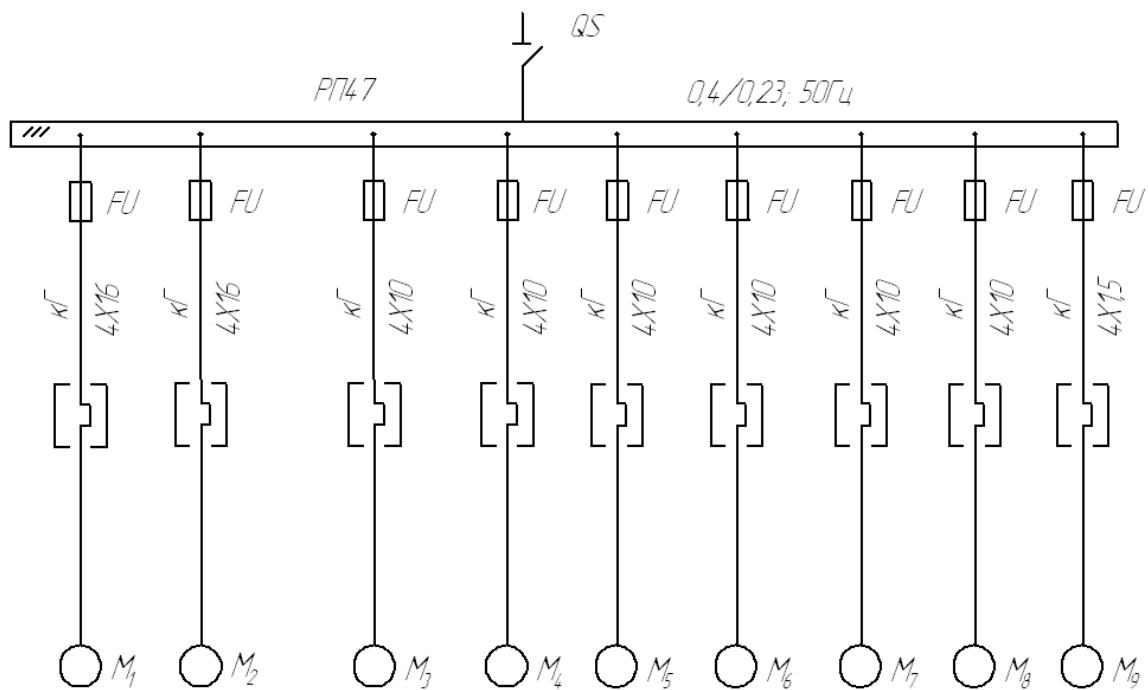


Рисунок 2.14 - Схема електропостачання сушильних камер №2

Електропостачання котельні. Електропостачання котельної здійснюється від силових розподільних шаф РП-46, РП-49 і РП-50. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.17.

1) Визначаємо тривалий струм в лінії:

$$\text{РП- 46} \Rightarrow I_{mp} = 227 \text{ А}; \text{ РП- 50} \Rightarrow I_{mp} = 159.5 \text{ А}; \text{ РП- 49} \Rightarrow I_{mp} = 146.7 \text{ А}.$$

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

Таблиця 2.17 – Устаткування котельні

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{тр}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запо- біжн.
РП-46	Насоси	150	227	227	362,2	FU
РП-50	Насоси	105	159,5	159,5	255,2	FU
РП-49	Димотяги	74	112,4	146,7	234,7	FU
	Зварювальний пост	16	24,3			
	Відрізний верстат	2	3			
	Свердлильний верстат	1,5	2,27			
	Трубозгин	2,2	3,3			
	Заточний верстат	1	1,5			

$$FU \geq \frac{681 + 227}{2,5} = 363,2 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-400};$$

$$FU \geq \frac{478,5 + 159,5}{2,5} = 255,2 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-400};$$

$$FU \geq \frac{440,1 + 146,7}{2,5} = 234,7 \text{ А} \Rightarrow \text{вибираємо 3хПН2-250}.$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВБ з урахуванням автоматичного захисту:  $I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ ,

де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплових реле в лінії.

$$I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 250 = 82,5 \text{ А}; I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 400 = 132 \text{ А}.$$

Вибираємо:

- для лінії до РП- 46 запобіжник 3хПН2- 400 з  $I_{BC} = 400 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ .

Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{доп.} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл. 1.3.7 ПУЕ).

- для лінії до РП-50 запобіжник 3хПН2-400 з  $I_{BC} = 315 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ .

Провідник типу АВВБ 4х70,  $I_{доп.} = 140 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1.3.7 ПУЕ).

- для лінії до РП-49 запобіжник 3хПН2-250 з  $I_{BC} = 250 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 12 \text{ кА}$ .

Провідник типу АВВБ 4х35,  $I_{доп.} = 90 \text{ А}$  при прокладці в повітрі (табл.1.3.7 ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання котельні приведена на рис. 2.15.

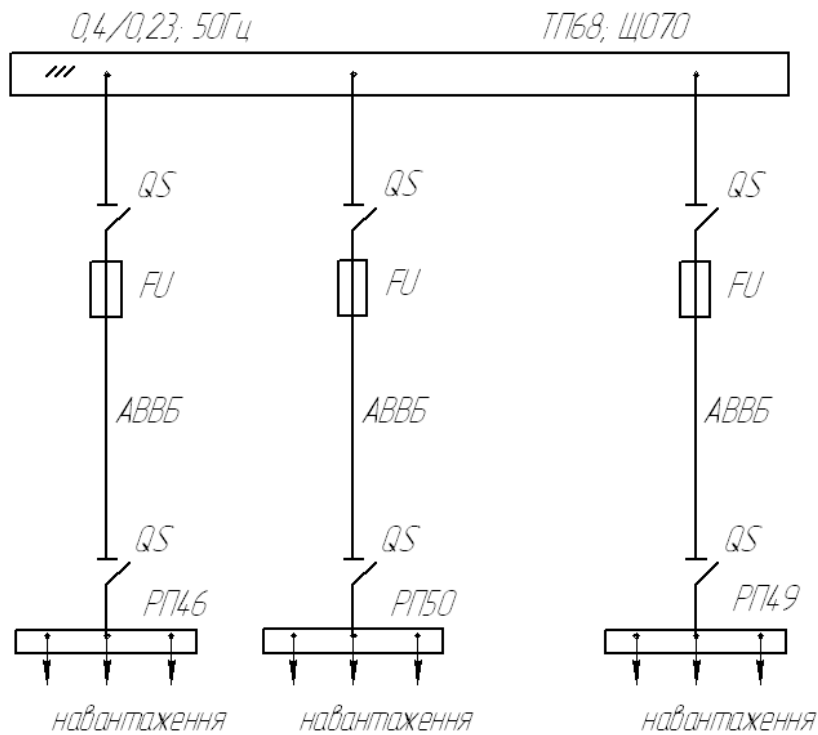


Рисунок 2.15 - Схема електропостачання котельні

Електропостачання експериментальної ділянки. Електропостачання експериментальної ділянки здійснюється від силової розподільної шафи РП-11. Перелік устаткування та його характеристики приведені в табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Устаткування експериментальної ділянки

№ РП	Устаткування	$P_n$ , (кВт)	$I_n$ , (А)	$I_{mp}$ , (А)	$I_{BC}$ , (А)	№ запобіжн.
РП-11	Пила «Тема-1500»	6	9,1	57,5	92	FU
	Пила Ц-6	5	7,6			
	Верстат кромки «Holzher»	10	15,1			
	Свердлильний верстат	4	6			
	Свердлильний верстат	2	3			
	Теплова завіса	11	16,7			

1) Визначаємо тривалий струм в лінії: РП-11  $\Rightarrow I_{mp} = 57,5$  А.

2) Визначаємо дані і вибираємо автоматичний захист типу ПН2:

$$I_{BC} \geq \frac{I_n + I_{mp}}{2,5} \quad - \text{ для лінії до РП.}$$

$$FU \geq \frac{172,5 + 57,5}{2,5} = 92 \text{ А} \Rightarrow \text{ вибираємо 3xПН2-100.}$$

3) Визначаємо дані і вибираємо провідник типу АВВГ:  $I_{доп.} \geq K_{зщ} \cdot I_{BC}$ , де  $K_{зщ} = 0,33$  – для запобіжників без теплового реле в лінії.

$$I_{доп.} \geq 0,33 \cdot 100 = 33 \text{ А.}$$

Вибираємо для лінії до РП- 11 запобіжник типу ЗхПН2- 100 з  $I_{BC} = 100 \text{ А}$ ,  $I_{відкл.} = 4,5 \text{ кА}$  та провідник типу АВВГ 4х10,  $I_{доп.} = 42 \text{ А}$  при укладанні в повітрі (табл. 1.3.7. ПУЕ).

Розрахована схема електропостачання експериментальної ділянки приведена на рис. 2.16.

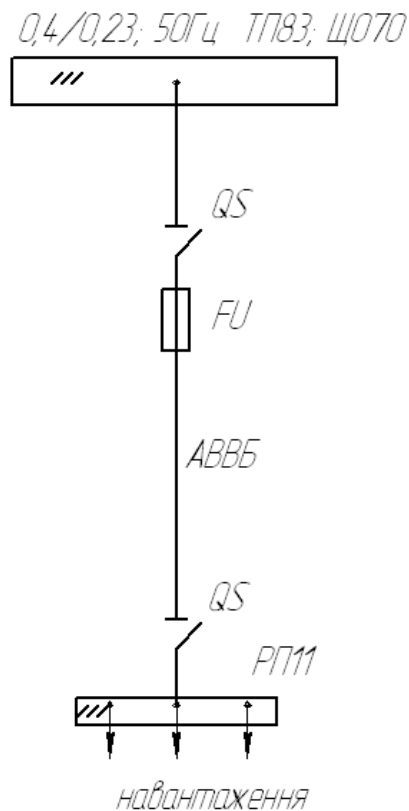


Рисунок 2.16 - Схема електропостачання експериментальної ділянки

## 3 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Розрахунок електричних навантажень

Електричні навантаження є початковими даними для вирішення складного комплексу технічних і економічних питань, що виникають при проектуванні електропостачання сучасного підприємства. Визначення електричних навантажень складає перший етап проектування будь якої системи електропостачання і проводиться з метою вибору і перевірки струмопровідних елементів і трансформаторів за нагріванням, розрахунку відхилень та коливань напруги, вибору компенсуючих установок, захисних пристроїв і ін. Від правильної оцінки очікуваних електричних навантажень залежить раціональність вибору схеми і всіх елементів системи електропостачання і її техніко-економічні показники.

При проектуванні і експлуатації систем електропостачання промислових підприємств основними є три види навантажень: активна і реактивна потужність та струм. Зміну навантаження в часі можна спостерігати за вимірювальними приладами і реєструвати за допомогою обладнання. В умовах експлуатації зміну навантаження за активною і реактивною потужністю фіксують за показами лічильників активної і реактивної енергії, знятими через певні інтервали часу.

Перелік даних електроустаткування робочої ділянки мебельного підприємства приведено у розділі 2 (табл. 2.2).

Електричне навантаження представляє собою величину, яка характеризує споживання потужності окремими приймачами або споживачами. Розрахункове електричне навантаження виробничої ділянки визначається за встановленою активною потужністю електричного приймача та коефіцієнта попиту  $K_n$ .

Встановлена (номінальна) потужність приймача електроенергії, приведена до тривалого режиму роботи, є достатньо достовірною початковою величиною для розрахунку електричних навантажень:

$$P_n = P_n \sqrt{PB}, \quad (3.1)$$

де  $P_n$  – паспортна потужність електричних приймачів;



$PВ$  – номінальна відносна тривалість ввімкнення:

$$PВ = \frac{t_{\text{ввмк}}}{t_{\text{цикл}}}$$

Для зварювальних трансформаторів

$$P_H = S_n \sqrt{PВ} \cos\varphi, \quad (3.2)$$

де  $S_n$  – паспортна потужність трансформатора, кВА;

$\cos\varphi$  – коефіцієнт потужності,  $\cos\varphi = 0,4$ .

Розрахункові значення  $P_p$  і  $Q_p$  знаходимо з виразу:

$$P_p = K_n \cdot P_H, \quad (3.3)$$

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg}\varphi. \quad (3.4)$$

За результатами розрахунків знаходимо  $n_e$  для окремих груп електричних приймачів. При визначенні величини  $n_e$  виключаємо найменші приймачі групи, сумарна номінальна потужність яких не перевищує 5% сумарної номінальної потужності всієї групи  $P_H$ .

При числі фактичних приймачів в групі 4 і більше допускаємо ефективне число приймачів вважати  $n_e$  рівним фактичному  $n$  при величині відношення

$$m = P_{H.\max} / P_{H.\min} \leq 3, \quad (3.5)$$

де  $P_{H.\max}$  і  $P_{H.\min}$  – активні номінальні потужності найбільшого і найменшого приймачів в групі.

1) Визначаємо розрахункову потужність дільниці:

$$P_{p.ц.} = \sum P_p = 1460,3 \text{ (кВт)}$$

$$Q_{p.ц.} = \sum Q_p = 1158,2 \text{ (кВАр)}$$

2) Розрахункова потужність дільниці з урахуванням коефіцієнта участі в максимумі навантаження  $K_M$ , де  $K_M = 1,16$  середнє значення коефіцієнта максимуму в цеху.

$$P'_{p.ц.} = P_p \cdot K_M = 1460,3 \cdot 1,16 = 1693,9 \text{ (кВт)}$$

$$Q'_{p.ц.} = \sum Q_p \cdot K_M = 1158,2 \cdot 1,16 = 1343,5 \text{ (кВАр)}$$

3) Повна потужність дільниці:

$$S_{p.ц.} = \sqrt{(P_{p.ц.})^2 + (Q_{p.ц.})^2} = 2162 \text{ (кВА)}$$

4) Знаходимо середньозважений коефіцієнт потужності дільниці без урахування компенсуючого пристрою

$$\cos \varphi_{cp.} = \frac{P_{p.ц.}}{S_{p.ц.}} = \frac{1693,9}{2162} = 0,78$$

5) Струм навантаження дільниці без компенсації реактивній потужності.

$$I_p = \frac{10^3 S_{p.ц.}}{\sqrt{3} U_n} = \frac{10^3 \cdot 2162}{\sqrt{3} \cdot 380} = 3284,8 \text{ (А)}$$

6) Потужність компенсуючого пристрою для підвищення коефіцієнта потужності до заданого  $\cos \varphi = 0,95$

$$Q_{к.п.} = d \cdot P_{p.ц.} (\operatorname{tg} \varphi_1 - \operatorname{tg} \varphi_2) = 0,9 \cdot 1693,9 \cdot (0,80 - 0,33) = 716,5 \text{ (кВАр)}$$

де  $d$  - коефіцієнт, що враховує підвищення  $\cos \varphi$  природним способом, приймаємо  $d = 0,9$ ;

$\operatorname{tg} \varphi_1$  і  $\operatorname{tg} \varphi_2$  - коефіцієнти реактивної потужності до і після компенсації.

7) Повна потужність з урахуванням роботи компенсуючого пристрою:

$$S_{p.к.} = \sqrt{(P_{p.ц.})^2 + (Q_{p.ц.} - Q_{к.п.})^2} = 1806,2 \text{ (кВА)}$$

8) Струм навантаження дільниці з урахуванням компенсації навантаження:

$$I_{p.к.} = \frac{10^3 S_{p.к.}}{\sqrt{3} U_n} = \frac{10^3 \cdot 1806,2}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2744,2 \text{ (А)}$$

9) Середньозважений коефіцієнт потужності дільниці з урахуванням компенсуючого пристрою:

$$\cos \varphi_{cp.} = P_{p.ц.} / S_{p.к.} = 1693,9 / 1806,2 = 0,93$$

### 3.2 Методика розрахунку струмів короткого замикання

Основною причиною порушення нормального режиму роботи системи електропостачання є виникнення короткого замикання в мережі або в елементах електроустаткування унаслідок пошкодження ізоляції або неправильних дій обслуговуючого персоналу. Для зниження збитку, обумовленого виходом з ладу електроустаткування при протіканні струмів короткого замикання, а також для швидкого відновлення нормального режиму системи електропостачання необхідно правильно визначити струми короткого замикання і згідно них вибирати електроустаткування, захисну апаратуру та засоби обмеження струмів короткого замикання [24].

При виникненні короткого замикання має місце збільшення струмів у фазах системи електропостачання або установок в порівнянні з їх значенням в нормальному режимі роботи. У свою чергу, це викликає зниження напруги в системі, яке особливо велике поблизу місця короткого замикання.

У трифазній мережі розрізняють наступні види короткого замикання: трифазні, двофазні, однофазні і подвійні замикання на землю [25].

Короткі трифазні замикання є симетричними, оскільки в цьому випадку всі фази знаходяться в однакових умовах. Решта всіх видів короткого замикання є несиметричними, оскільки при кожному з них фази знаходяться не в однакових умовах і значення струмів та напруги в тій чи іншій мірі спотворюються [26].

Розрахунковим видом короткого замикання для вибору і перевірки параметрів електроустаткування вважають трифазне коротке замикання.

Розрахунок струмів короткого замикання з урахуванням дійсних характеристик і дійсних режимів роботи всіх системи електропостачання складний. Тому для вирішення практичного завдання вводимо допущення, які не дають істотних похибок [27]:

- не враховується зміщення по фазі ЕРС різних джерел живлення, що входять в розрахункову схему;
- трифазна мережа приймається симетричною;

- не враховуються ємності, а отже, і ємнісні струми в повітряних і кабельних мережах;

- не враховується насичення магнітних систем, що дозволяє вважати постійними і не залежними від струму індуктивні опори всіх елементів коротко замкнутого кола;

- не враховуються струми намагнічування трансформаторів.

### 3.3 Складання розрахункової схеми заміщення

Для розрахунків струмів короткого замикання складаємо розрахункову схему системи електропостачання (рис. 3.1) і на її основі - схему заміщення (рис. 3.2).

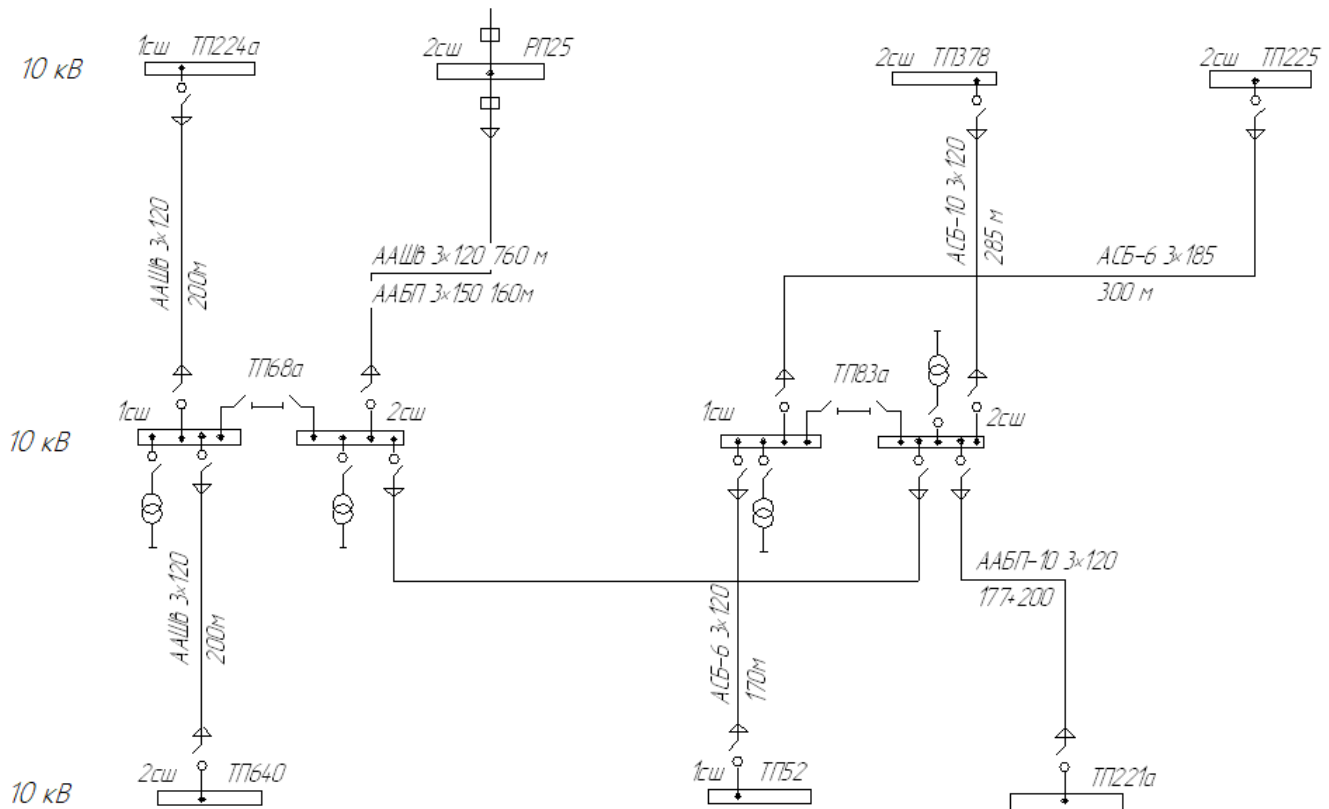


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема системи електропостачання

Розрахункова схема є спрощеною однолінійною схемою, на якій вказують всі елементи системи електропостачання і їх параметри, що впливають на струм короткого замикання. Тут же вказуємо точки, в яких необхідно визначити струм короткого замикання. Розрахунок струмів короткого замикання виконуємо в іменованих одиницях.

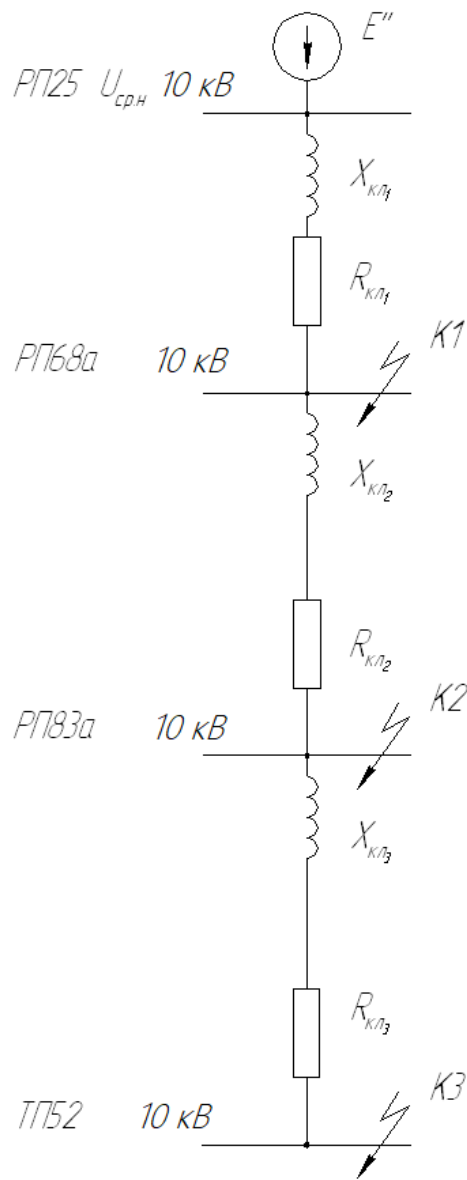


Рисунок. 3.2 - Схема заміщення системи електропостачання

Питомий активний опір кабельної лінії становить

$$r_o = \frac{10^3}{\gamma S} \text{ (Ом/км)}, \quad (3.6)$$

де  $\gamma$  - питома провідність металу жил, Ом(м·мм<sup>2</sup>);

$S$  - перетин жил, мм<sup>2</sup>.

Приймаємо  $\gamma = 30$  (м·мм<sup>2</sup>) для алюмінію.

Питомий індуктивний опір лінії приймаємо  $x_o = 0,06$  Ом/км – для кабельних ліній.

Знаходимо активний і реактивний опори схем заміщення для кабельних ліній

$$R = r_o \cdot L; \quad X = x_o \cdot L. \quad (3.7)$$

Дані розрахунків для кабельних ліній заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані розрахунків для кабельних ліній

Призначення ліній	Марка і перетин кабелю	$L$ , (км)	$S$ , (мм <sup>2</sup> )	$r_o$ , (Ом/км)	$x_o$ , (Ом/км)
Р25-ТП68А	ААШВ 3х120 760м	0,76	120	0,27	0,06
	ААБП 3х150 160м	0,16	150	0,22	0,06
ТП68А-ТП83А	ААШВ 3х120 200м	0,2	120	0,27	0,06
ТП83А-ТП52	АСБ-6 3х120 170м	0,17	120	0,27	0,06

### 3.4 Розрахунок опорів і струмів короткого замикання схеми заміщення

1) Точка К1.  $R_{кл1} = r_o \cdot L = 0,27 \cdot (0,76 + 0,16) = 0,248$  Ом;

$$X_{кл1} = x_o \cdot L = 0,06 \cdot (0,76 + 0,16) = 0,055 \text{ Ом.}$$

Визначаємо періодичну складовою струму короткого замикання при короткому трифазному замиканні. Відповідно до схеми заміщення, приведеної до простого вигляду з результуючою ЕРС і результуючим опором, початкове значення періодичної діючої складової можна визначити за формулою:

$$I_{no} = \frac{U_{cp.n}}{\sqrt{3}Z_{кл.}}, \quad (3.8)$$

де  $U_{cp.n}$  – середня номінальна напруга,  $U_{cp.n} = 10$  кВ.

$$Z_{кл} = \sqrt{R_{кл1}^2 + X_{кл1}^2} = \sqrt{0,248^2 + 0,055^2} = 0,254,$$

$$I_{no} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,254} = 22,7 \text{ кА.}$$

Визначаємо ударний струм в точці К1:

$$i_{yд.} = K_{yд.} \cdot I_{no}, \quad (3.9)$$

де  $K_{yд.}$  – ударний коефіцієнт, що залежить від постійної часу аперіодичної складової струму короткого замикання.

$$T_a = \frac{X_{кл}}{(2\pi f \cdot R_{кл1})} = \frac{0,055}{314 \cdot 0,248} = 0,0007.$$

Для споживачів другої категорії, що не вимагають АВР, рекомендується секціонувати шини розподільчих пристроїв (РП) двома роз'єднувачами. Другий секційний роз'єднувач передбачається для забезпечення безпечного ремонту будь-якого з них без відключення обох секцій шин одночасно. Кількість комірок, приєднаних до секції шин, повинна бути вибрана, виходячи з таких потреб: по одній комірці на кожне проектоване приєднання; по одній резервній комірці для кожної секції шин: комірка з міжсекційним роз'єднувачем; комірка з вимірювальним трансформатором напруги на кожній секції шин; комірка з ввідним вимикачем - для цього використовуються камери збірні одностороннього використання (КСО). КСО призначені для комплектування розподільних пристроїв напругою 6 і 10 кВ змінного трифазного струму частотою 50 Гц з ізольованою нейтраллю [28].

У розподільних пристроях ТП-68 і ТП-83 встановлені камери КСО 386-031060 і КСО 386-040651, які розміщуються в закритому приміщенні, недоступному місці для неінструкованого персоналу.

Камери КСО 386 виготовлені на основі зварних конструкції з листового металу з розміщеними усередині електричними апаратами, технічні дані яких приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – *Технічні дані камер КСО-386*

<i>Найменування</i>	<i>Значення</i>
Номінальна напруга	10 кВ
Найбільша робоча напруга	11,2 кВ
Номінальний струм головних кіл	400 А
Номінальний струм вимикача навантаження	400 А
Струм електродинамічної стійкості камер з вимикача навантаження	51 кА
Струм термічної стійкості	20 кА
Струм відключення вимикача	0,63 кА
Час протікання струму термічної стійкості	1 с
Габаритні розміри, мм	1900 x 800 x 800
Кліматичного виконання	УЗ

Приводи вимикачів і роз'єднувачів, прилади управління і контролю розташовані з фасадного боку камер.

Ошиновка силових комутаційних апаратів виконана алюмінієвою шиною АД 31Т-50х5, має у своє складі шинний міст ШМр1У3 і шинний компенсатор К52У2. Ступінь захисту з боку фасаду має клас IP20 [29].

Камери КСО 386 виконані за стандартними схемами первинних з'єднань.

Основна апаратура, яка вбудовується в первинні кола:

*QW* - вимикачі навантаження ВН<sub>3</sub>-16 і ВНП<sub>3</sub>-16;

*QS* - роз'єднувачі РВ<sub>3</sub>-10/400 з приводом ПР-2;

*F* - запобіжники ПКТ 103-10-100-31,5 УЗ;

*FV* - вентиляний розрядник РВН – 0,5 МУ1.



## 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 4.1 Безпека обслуговування електроустановок напругою до 1000 В

В процесі обслуговування електроустановок напругою до 1000 В проводять профілактичні ремонти, випробування ізоляції електричних машин, апаратів, кабелів, внутрішньоцехових електромереж; наладку електроприводів, релейного захисту і тому подібне Крім того, можливі невеликі за об'ємом роботи по попередженню і ліквідації аварій і дрібних неполадок.

До електроустановок або частин електроустановок, які знаходяться під дією напруги, відносять і підготовлені до експлуатації струмопровідні частини електроустановки або її частини, які у будь-який момент можуть опинитися під напругою.

Роботи, що виконуються в діючих електроустановках, відносно засобів безпеки розділяють на три категорії [30].

1) Роботи, що виконуються *із зняттям напруги*, проводяться в електроустановці, де зі всіх струмопровідних частин знята напруга і де немає незачиненого входу в сусідню електроустановку, що знаходиться під напругою.

2) *Без зняття напруги поблизу і на струмопровідних частинах*, що знаходяться під напругою, виконують роботи, при яких необхідне вживання технічних або організаційних заходів, що запобігають можливості наближення працівників до струмопровідних частин на небезпечні відстані, а також роботи на струмопровідних частинах, що виконуються за допомогою ізолюючих захисних засобів і пристосувань.

3) *Без зняття напруги далеко від струмопровідних частин*, що знаходяться під напругою, можна виконувати роботи, при яких виключено випадкове наближення працівників і використовуваних ними ремонтного оснащення і інструменту до струмопровідних частин на небезпечну відстань і не вимагається вживання технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню.

До початку ремонтних або налагоджувальних робіт і в процесі їх проведення відповідальні особи і виконавці повинні виконувати технічні і організаційні заходи, що забезпечують безпеку персоналу. До технічних заходів відносять: відключення установки з проведенням заходів, що виключають помилкову подачу напруги до місця роботи, установку огорож з вивішуванням плакатів, перевірку відсутності напруги і накладення заземлення.

У установках напругою до 1000 В відключення потрібно проводити так, щоб виділена для виконання роботи частина електроустановки або електроустаткування були з усіх боків відокремлені від струмопровідних частин, що знаходяться під напругою, комутаційними апаратами або зняттям запобіжників. У цих установках для запобігання подачі напруги до місця роботи внаслідок трансформації потрібно відключити всі пов'язані з електроустаткуванням, що готується до ремонту, силові, вимірювальні і різні спеціальні трансформатори з боку як вищої, так і нижчої напруги. Струмопровідні частини, на яких повинна проводитися робота, а також і ті, які можуть бути доступні дотику при виробництві роботи, повинні бути відключені. Струмопровідні частини, доступні дотику, можна і не відключати, якщо можливо їх захистити ізолюючими накладками з ізолюючих матеріалів.

Після перевірки відсутності напруги, відключені частини негайно заземляють за допомогою переносного заземлення – для захисту працівників від можливої поразки струмом. У електроустановках, конструкція яких така, що накладення заземлення небезпечне або неможливе, при підготовці робочого місця слід прийняти додаткові заходи безпеки, а саме: замикання приводу роз'єднувача на замок, огорожа ножів або верхніх контактів роз'єднувачів гумовими ковпаками або жорсткими накладками з ізоляційного матеріалу. Список таких електроустановок повинен бути визначений і затверджений особою, відповідальною за електрогосподарство підприємства, ділянки, цеху.

## 4.2 Розрахунок блискавкозахисту цеху № 2

Виробничі, житлові і громадські будівлі та споруди промислових підприємств залежно від їх призначення, конструктивного виконання, географічного місцеположення, пов'язаного з інтенсивністю грозової діяльності і очікуваної кількості поразки їх блискавкою, повинні бути забезпечені грозозахистом [31].

Обладнуються блискавкозахистом будівлі та споруди залежно від очікуваного числа поразки  $N$  в рік:

$$N = \frac{(B + 3 \cdot h_x) \cdot (L + 3 \cdot h_x) \cdot n}{10^6}$$

де  $B$  - ширина будівлі, що захищається, м;

$L$  - довжина будівлі, що захищається, м;

$h_x$  - найбільша висота будівлі, м;

$n$  - середнє число поразки 1 км<sup>2</sup> земної поверхні в рік,  $n = 3,8$ .

Оскільки будівлі та споруди мають складну конфігурацію, то  $B$  і  $L$  - це сторони прямокутника, в який вписується на плані об'єкт, що захищається. В табл. 4.1 приведені розміри приміщення об'єкта проектування кваліфікаційної роботи.

Таблиця 4.1 - Розміри цеху №2

$B$ , м	$L$ , м	$h_x$ , м
190	280	13.02

$$N = \frac{(190 + 3 \cdot 13,02) \cdot (280 + 3 \cdot 13,02) \cdot 3,8}{10^6} = 0,027.$$

Простір, захищений від прямих ударів блискавки, називають *зоною захисту* громовідводу. Таким чином, споруда, що захищається, повинна повністю вписуватися в межі зони захисту. Вибираємо стержневий громовідвід, який є вертикально встановленою струмопровідною конструкцією (металевий стержень, трубу або гратчасту ферму), надійно приєднаною по найкоротшому шляху до пристрою заземлення.

Громовідвід характеризується висотою  $h$ :

$$h = h_a + h_x,$$

де  $h_a$  - активна висота, м.

Висота орієнтації лідера блискавки на вершину стержневого громовідводу складає  $10-20 \cdot h$  і зоною 100%-ї поразки громовідводу є парабола обертання. Лідер блискавки, що увійшов до цієї зони, неминуче вражає громовідвід. Для захисту об'єктів з більшою площею можна застосовувати декілька громовідводів, розташовуючи їх так, щоб їх зони 100%-го ураження торкалися або навіть частково перекривали один одного. Отже, відстань між сусідніми громовідводами не повинна перевищувати  $7 \cdot h_a$  (рис. 4.1).

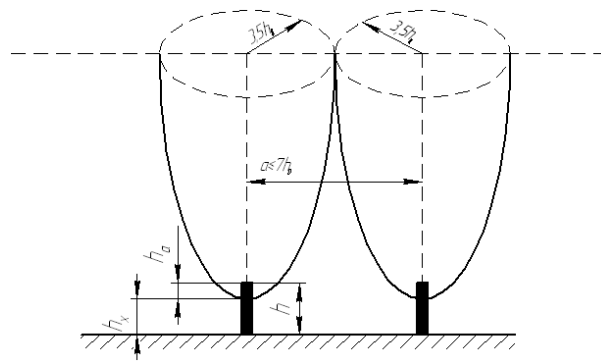


Рисунок 4.1 - Зони 100%-го ураження двох стержневих громовідводів  
Вибираємо зону захисту одиночного громовідводу:

$$r_x = 1,6 \cdot h \cdot \frac{h - h_x}{h + h_x} \cdot p,$$

де  $p = 1$  при  $h \leq 30$  м,

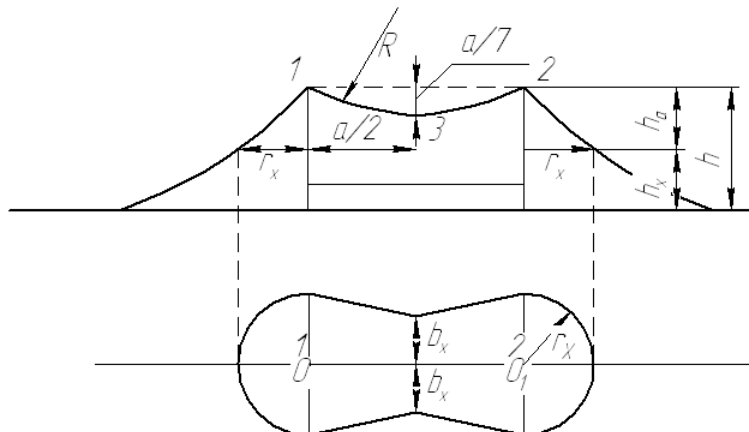
і  $p = \frac{5,5}{\sqrt{h}}$  при  $h > 30$  м.

$$h = 15 + 13,02 = 28,02 \text{ м.}$$

$$r_x = 1,6 \cdot 28,02 \cdot 1 = 17,93 \text{ м.}$$

Захист об'єкту виконуємо двома громовідводами.

На рис. 4.2 приведені зони захисту двох стержневих громовідводів.



#### Рисунок 4.2 - Зони захисту двох стержневих громовідводів

Зовнішня частина межі зони будується як і для одиночного громовідводу: внутрішня частина (між громовідводами) має форму сідловини, верхня твірна якої є частиною кола радіусу  $R$ , проведеного через точки 1, 2 і 3 (висота точки 3 над землею рівна  $h - a / 7$ ), а найменшу ширину  $2 \cdot b_x$  на висоті  $h_x$  визначаємо за формулою:

$$b_x = 4 \cdot r_x \cdot \frac{7 \cdot h_a - a}{14 \cdot h_a + a},$$

де  $a$  – відстань між громовідводами, м.

$$b_x = 4 \cdot 17,93 \cdot \frac{7 \cdot 15 - 105}{14 \cdot 15 + 105} = 71,7 \text{ м.}$$

#### 4.3 Вимоги електробезпеки до персоналу

При ушкодженні ізоляції нагрівального проводу теплої підлоги може відбутися витік струму, у результаті чого працівники виробничого цеху меблевого підприємства можуть потрапити під небезпечну для життя напругу. Для запобігання цьому явищу необхідно в установках даного типу застосовувати пристрої для вирівнювання електричних потенціалів. Даний пристрій являє собою зварену сітку марки 3-15/3 або 4-15/3 (із дроту діаметром 3-4 мм) з комірками 250x150 мм. Сітка укладається поверх нагрівальних проводів і заливається 3-6 сантиметровим шаром бетону. Усі сітки приміщення, обладнаного електронагрівними підлогами з'єднуються електрично між собою і з нульовим проводом мережі. Варто щорічно перевіряти опір постійному струму петлі з провідника і сітки. Він не повинен перевищувати 1 Ом [32].

Всі особи, зайняті на обслуговуванні електроустановок повинні бути психічно здоровими, не мати каліцтв і хвороб, що перешкоджають роботі і підвищують імовірності нещасного випадку при обслуговуванні електроустановок.

Згідно своєї кваліфікації в питаннях техніки безпеки всі особи, що обслуговують електроустановки, поділяються на 5 кваліфікованих груп. Вік для всіх груп повинен бути не менше 18 років. На меблевому підприємстві, у основній більшості, працівники відносяться до I групи. Вони повинні мати

лише представлення про небезпеку ураження струмом і мірах безпеки при роботах з електричними машинами, а також практично бути ознайомленими з прийомами надання першої допомоги. Персонал, що обслуговує установки для санітарного ультрафіолетевого опромінення повинен мати III групу по електробезпеці. Під час роботи потрібно користуватися захисними окулярами зі світлофільтрами, не знаходитися по опроміненням і братися тільки за ізольовані рукоятки опромінювачів [33].

Перед запуском будь-якої електричної машини, працівник повинен перевірити надійність приєднання заземлення на корпус агрегату, при необхідності підтягнути кріплення, а лише потім включати машину. З появою ознак несправності (поява диму, запах, іскріння, сторонні звуки і т.д.) необхідно терміново відключити електроустановку. Не можна залишати працюючі електроприймачі без догляду. По закінченні робочого дня необхідно перевіряти виключення електроприймачів від мережі живлення.

Під час роботи електричних верстатів обробки деревини або подібних механізмів не можна прощтовхувати або розрівнювати руками будь-якими предметами деталі, які обробляються. При включенні якого-небудь електроприймача на розподільній шафі, робітник повинен стояти на діелектричному килимі. Змінювати освітлювальні лампи можна тільки при відключенні напруги.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведених досліджень в кваліфікаційній роботі було запропоновано вирішення поставленої задачі, зокрема проведено модернізацію системи електропостачання підприємства з виготовлення меблів.
2. Проведено аналіз споживачів електроенергії, вибрано величини напруги живлення і схеми електропостачання.
3. Виконано розрахунок електричних навантажень та потужності трансформаторів цехової підстанції.
4. Проведено розрахунок і вибір апаратів захисту в мережах до 1 кВ електропостачання цеху №2 по всіх виробничих ділянках.
5. Проведено розрахунок струмів короткого замикання, розроблено схему заміщення.
6. Для забезпечення нормальної і безпечної роботи виробничої ділянки виконано вибір електричних апаратів і електроустаткування.
7. Виконано перевірку струмопровідних частин в режимі короткого замикання, вибрано перетини провідників за економічною густиною струму та допустимою втратою напруги в лінії.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Електроенергетика / Р. Р. Павловський // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ. – К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2009. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-17739>
2. Франчук І.А. Особливості державного регулювання енергетики в ринкових умовах [Текст] / І. А. Франчук // Вісник НАДУ при Президентіві України. – 2008. – № 4. С. 91-98.
3. Меблева промисловість / А.В. Наконечна // Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс] / Редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.]; НАН України, НТШ.–К.: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2018. – Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-65468>
4. Попадинець Н.М. Меблеве виробництво: аналіз сучасного стану та перспективи розвитку // Екон. науки. Сер. Економіка та менеджмент: Зб. наук. пр. Лц., 2011. Вип. 8.
5. Стратегічний план експорту для меблевих підприємств України [Електронний ресурс] // ГО "Спілка українських підприємців". – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <https://uafm.com.ua/wp-content/uploads/2018/07/sup-eksportna-strategiya-dlya-meblevyh-kompanij.pdf>
6. Кійко О. А. Проблеми інноваційної діяльності у меблевій промисловості України / Орест Антонович Кійко. // журнал «Про меблі». –№4 (29). – 2017.
7. Патіс В.Р. Без бережливого виробництва про європейські ринки годі й думати [Електронний ресурс] / Володимир Патіс // Меблеві технології. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [https://infomebli.com/a/4070dd31b4bf/\\_volodymyr-patis](https://infomebli.com/a/4070dd31b4bf/_volodymyr-patis)
8. Асоціація «Українська Асоціація Меблевіків». Київ, 2020. URL: <https://uafm.com.ua> (дата звернення: 18.04.2023)
9. Войтович І.Г. Основи технології виробів з деревини: Навчальний посібник. – Львів: УкрДЛТУ, «Інтелект-Захід», 2004. – 224 с.



10. Сапон С., Ігнатенко П., Журко В. Особливості проектування технологічного оснащення для деревообробки. Технічні науки та технології. 2018. № 2(12). С. 76–85.
11. Артемчук В. В. Вказівки по розрахунку норм витрат матеріалів у виробництві виробів з деревини. – Львів., 2010.- 67 с.
12. Герасименко О. А. Системи автоматизованого проектування в деревообробній промисловості. Програма нормативної навчальної дисципліни для напряму підготовки 7.01010301 Технологічна освіта (технічна праця) / О. А. Герасименко, Ю. В. Фещук. – Рівне: РДГУ, 2012. – 5 с.
13. Бакуліна Н.Н. БАЗИС: нова методологія проектування корпусних меблів. Текст. / Н.Н. Бакуліна, П.Ю. Бунаков, Н.В. Каскевич, А.В. Стариков // САПР і графіка. 2010. - №4 (162). - С. 27-30
14. Решетник В. Я. Впровадження заходів зниження технічних втрат електроенергії в системі електропостачання меблевої фабрики / Решетник В.Я., Концорада Т.А., Курчук Я.Я.// Збірник тез доповідей VI Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій», 16-17 листопада 2017 р. - Т.: ТНТУ, 2017. - Том 3. - С. 120.
15. Мигаль, С.П. Проектування меблів: навч. пос. Львів: Світ, 2009. – 216 с.
16. Мороз О.П. Аналіз ефективності спеціалізованих програм проектування меблів при використанні їх на виробництві. X Студентська наукова конференція МБФ -2019, Луцький НТУ, С. 209-214.
17. Шестеренко В.Є. Електропостачання промислових підприємств. Посібник до курсового та дипломного проектування / Шестеренко В.Є., Шестеренко О.В. — Київ, 2013. — 424 с.
18. Охріменко В. М. Споживачі електричної енергії : підручник / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 286 с. ISBN 978-966-695-487-2
19. ПУЕ - Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання)/ Наказ від 21.07.2017 № 476 Про затвердження Правил улаштування електроустановок
20. Сайт компанії «ПРОЕКТ-ЕНЕРГО». Режим доступу: <http://proekt-energo.com/kso-366>

21. Силовий кабель. Маркування силових кабелів. Режим доступу: <https://vse-e.com/ua/novosti/silovoi-kabel-markirovka-silovyh-kabelei>
22. Теплове реле для електродвигуна: принцип роботи, будова, як вибрати. Режим доступу: <https://remontu.com.ua/teplove-rele-dlya-elektrodviguna-princip-roboti-pristrii-yak-vibrati>
23. Системи електропостачання: Курсовий проект [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітньої програми «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В. А. Попов, А. І. Замулко, В. В. Ткаченко, М. М. Федосенко, О. С. Ярмолюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,30 Мбайт). – Київ : КПІ ім. І. Сікорського, 2021.–92 с.
24. Оробчук Б., Братковський Н, Семенюк В. Дослідження перехідних процесів при замиканнях на землю // VI Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “ -Тернопіль, ТНТУ ім. Івана Пулюя 2017 р.
25. Журахівський, А. В. Оптимізація режимів електроенергетичних систем: навч. посібник для вузів / А. В. Журахівський, І. В. Жежеленко ; Держ. ун-т "Львівська політехніка"; ПДТУ. Каф. електропостачання пром. підприємств. - Львів; Маріуполь: 2000. - 109 с.
26. Оробчук Б., Терновий В. Підвищення надійності роботи силового обладнання підстанцій. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2017 р.
27. Електричні мережі та системи: підручник [для студентів електроенергет. спец. ВНЗ, аспірантів, викл. і спеціалістів відповід. профілю] / М. С. Сегеда ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». — 3-тє вид, переробл. та доповн. — Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. — 540 с.
28. Оробчук Б., Іванків А. Адаптивна система керування режимами електропостачання. Актуальні питання розвитку агропромислового комплексу. ВП НУБІП України «Бережанський агротехнічний інститут». - Бережани, 2016 р.
29. Обладнання електричних підстанцій і ліній електропередачі.

<http://ukrelektrik.com/oborudovanie>

30. Лут М.Т. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки щодо виконання розділу у дипломних проектах студентів зі спеціальності 7.091901 «Енергетика сільськогосподарського виробництва». - К.: НАУ, 2000. -136с.
31. Методичні рекомендації з розрахунку та проектування систем блискавкозахисту. Режим доступу: <https://fs-lps.com>
32. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О.І., Розен В.П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіровогр. нац. техн. ун-т. – Черкаси: видавець Чабаненко Ю., 2015. – 316 с.
33. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. - Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000.-188 с.
34. Євтух П.С., Буняк О.А., Оробчук Б.Я. Решетник В.Я. Зміст та тематика дипломних проектів (робіт) за спеціальністю 7.05070103 (8.05070103) електротехнічні системи електроспоживання // Методичні вказівки. - Тернопіль, ТНТУ імені Івана Пулюя, 2012.