

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

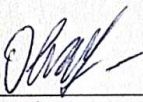
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Удосконалення системи електропостачання  
промислового цеху

Галузь знань 14 Електрична інженерія  
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

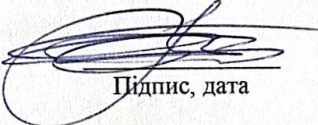
Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент  
групи ЕТс-22-2

  
Підпис

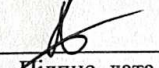
О.Л. Кокорський  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

к.т.н., доц. О.Г.Тимошук  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

к.т.н., ст.викл. С.І.Пундик  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

к.т.н. доц. В.С.Неймак  
Ініціали, прізвище

2 06 2025р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 14 Електрична інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Шифр і назва

Спеціалізація Електропобутова техніка

Освітня програма \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

2.06.2025

ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ

Кокорський Олег Леонідович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Удосконалення системи електропостачання  
промислового цеху

керівник роботи Тимошук О.Г., к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи енергетичні характеристики промислового  
обладнання та електричних мереж

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

1. Огляд джерел технічної літератури з теми бакалаврської роботи

2. Проект удосконалення електропостачання виробничого цеху

3. Інженерні розрахунки, що підтверджують безвідмовність і напрацювання  
виробничого обладнання, електричних мереж. Висновки. Перелік джерел  
посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

1. Прокладка кабельної лінії пром. цеху по переробці деревини. (ДО, А1). 2

План розміщення електрообладнання і прокладання електричних мереж (С1,



# АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента  
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

1. Прізвище, ім'я та по батькові Кокорський Олег Леонідович

2. Тема бакалаврської роботи  
Удосконалення системи електропостачання промислового цеху

3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента \_\_\_\_\_

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 66

5. Основні розділи розрахунково-пояснювальної записки: \_\_\_\_\_

В першому розділі описується електрообладнання, яке буде використовуватися в цеху: електроприлади, станки, їх потужність та режими роботи. Описуються способи прокладки кабельних ліній, типи та перерізи кабелів та проводів, а також робота компенсуючого приладу та комутаційних приладів в розподільчих шафах.

В другому розділі виконано проектування електропостачання цеху. Він включає опис схеми підключення до зовнішньої мережі, план розміщення обладнання, розподільчих шаф та кабельних трас, опис типів та перерізів електричних мереж, систему блискавкозахисту та схему обліку електроенергії.

В третьому розділі проведено розрахунок на вибір обладнання для електропостачання: розрахунок освітлення, розрахунок навантажень на мережу, вибір компенсуючого приладу, розробку принципової схеми живильних та розподільчих мереж, вибір кабелів та проводів, захисних апаратів, розрахунок струмів короткого замикання та перевірку захисного заземлення.

Підпис студента \_\_\_\_\_

" 2 " 06 2025 р.

## РІШЕННЯ ЕК:

Протокол 8 від " 30 " 06 2025 р.

Оцінка проекту ЕК \_\_\_\_\_

Рекомендації ЕК \_\_\_\_\_

Особливі відмітки \_\_\_\_\_





Технічний секретар \_\_\_\_\_

" 30 " 06 2025 р.

# ЗМІСТ

стор

Вступ .....	5
1. Огляд джерел технічної літератури з теми бакалаврської роботи .....	6
1.1 Огляд промислових верстатів .....	6
1.2 Способи укладання промислових електричних мереж.....	13
1.3 Метод впливу на реактивну потужність мережі, пристрої комутації.....	20
<del>✗</del> Висновки до першого розділу .....	27
2. Проект удосконалення електропостачання виробничого цеху .....	28
2.1 Проект зовнішнього електропостачання .....	28
2.2 Проект розпланування розподільчих шаф цеху .....	30
2.3 Удосконалення розміщення обладнання і виробничих живильних мереж.....	32
2.4 Удосконалення блискавкозахисту .....	34
2.5 Проект системи споживання електроенергії.....	38
<del>✗</del> Висновки до другого розділу .....	41
3. Інженерні розрахунки, що підтверджують безвідмовність і напрацювання виробничого обладнання, електричних мереж.....	42
3.1 Живильні мережі, освітлення цеху, навантаження силових установок..	42
3.2 Метод впливу на реактивну потужність мережі .....	43
3.3 Удосконалення розподільчих і живильних мереж.....	47
3.4 Захисне обладнання, електричні кабелі.....	52
3.5 Струми короткого замикання.....	55
3.6 Заземлення, спосіб та інженерний розрахунок .....	57
<del>✗</del> Висновки до третього розділу .....	63
Висновки .....	64
Перелік джерел посилань .....	65

БРМА 25 00 00 000 ПЗ									
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Удосконалення системи електропостачання промислового цеху	Літера	Аркуш	Аркушів	
Виконав		Кокорський						4	66
Перевір.		Тимошук О							
Н.контр.		Пундик С.							
Затвер.		Неймак В.							
						ХНУ гр. ЕТс-22-2			

## ВСТУП

Деревообробна промисловість відіграє важливу і суттєву роль у сучасній економіці України. Вона забезпечує виробництво пиломатеріалів, дерев'яних меблів, інших виробів, які масово використовуються у військових цілях, для будівництва, різних галузей, для потреб побуту.

Ефективність і результати роботи промислового цеху значною мірою залежить від якості його електрифікації. Серійне промислове обладнання цехів має високий рівень електронасиченості, тому для довговічної, безпечної роботи необхідна наявність електричної мережі - потужної та надійної.

Електрообладнання промислових деревообробних цехів - це комплекс електроустановок, які гарантовано забезпечують прийом, перетворення та розподіл електричної енергії, необхідної для надійної роботи обробних машин та обладнання.

До складу електрообладнання промислових цехів входять:

- електроприводи різних видів – з метою перетворення електричної енергії в механічну, яка використовується для роботи машин та механізмів.
- розподільні силові пристрої - призначені для розподілу електричної енергії в цеховій мережі та захисту від коротких замикань, перевантажень, збоїв та інших.
- ввідні пристрої - служать для передачі електричної енергії від зовнішньої мережі та безпечного захисту від коротких замикань, перевантажень, збоїв та інших несправностей.
- апаратура захисту і керування – з метою для керування надійною роботою машин та обладнання, для їх захисту від коротких замикань, перевантажень, збоїв та інших несправностей.
- освітлювальне обладнання - служить для освітлення деревообробного промислового цеху, різноманітних робочих місць, тощо.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ З ТЕМИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Огляд промислових верстатів

Промислове обладнання поділяється на декілька видів за різними ознаками, що дозволяє окреслити його функціональні можливості та область застосування.

Основна класифікація промислових верстатів:

- верстати пиляльні, відрізні, що слугують для розпилювання деревини на пилозаготовки, окремі деталі;
- верстати строгальні, що слугують для зміни площинних поверхонь деревини, надання їм потрібної шорсткості та товщини;
- верстати фрезерні, що слугують для створення фігурних поверхонь, виготовлення шипів, пазів та елементів виробу;
- верстати свердлильні, що слугують для свердління отворів у деталей;
- верстати шліфувальні, що слугують для полірування та шліфування поверхонь;
- верстати з'єднувальні, що слугують для з'єднання дерев'яних деталей певними способами (склеювання, шипування, тощо) ;
- спеціальні верстати, що слугують для виконання суто специфічних робіт з деревиною (виробництво фанери, паркету, інших виробів);
- обробні верстати, що слугують для обробки кромek країв дерев'яних деталей (фаски, фрезерування, заокруглення, обрізка).

Верстати для деревообробки можуть бути побутовими, професійними. Промислові верстати - це більш точні, потужні, довговічні, ніж побутові. Промислове обладнання використовуються на різноманітних фабриках, у столярних цехах та інших підприємствах.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Торцювальний верстат, також відомий як поздовжньо торцювальний верстат, торцювальна пилка або розкрювальний агрегат, є незамінним та універсальним інструментом. Часто використовується для точного та ефективного розпилювання заготовок вздовж волокон дерева, забезпечуючи ідеально рівні та гладкі кромки. Основою торцювального верстата є пильний диск, який виконує обертовий рух з високою швидкістю. Заготовка завжди кріпиться на робочому столі за допомогою затискачів або аналогічних пристроїв, пізніше подається на диск-пилу за допомогою автоматичної каретки чи ручного механізму.

Головними перевагами цього обладнання є такі наступні характеристики - точне калібрування напрямних поверхонь і висока точність роботи завдяки жорсткій конструкції. Це робить їх добрими для виготовлення деталей, які потребують високої точності геометричних розмірів.

Універсальність торцювальних верстатів дає змогу використовувати їх для виконання такого спектру операцій:

- обробка торців заготовок для виробництва перпендикулярної площини;
- створення шипів і пазів для з'єднання дерев'яних деталей;
- розпилювання заготовок на дрібні заготовки;
- зняття шару деревини з поверхні деталі;
- вирівнювання поверхонь дерев'яних заготовок.

Продуктивність торцювальних верстатів дає змогу обробляти великі заготовки із заданою швидкістю, що робить їх ідеальними для масового виробництва. Ці верстати оснащені захисними кожухами та функціональними пристосуваннями, які забезпечують безпеку робітника. Поздовжньо - торцювальні верстати відносно прості у виробництві, що дає змогу стати доступними як для досвідчених робітників, також для початківців.

Загальний вигляд торцювального обладнання зображено на рисунку 1.1.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Значна кількість фугувального обладнання також можуть використовуватися для стругання заготовок та зняття фасок. Це робить їх зручним інструментом для постійного використання. Фугувальний верстат забезпечує структурну та гладку поверхню. Сучасні фугувальні верстати облаштовані захисними кожухами та іншими пристосуваннями, які забезпечують надійну безпеку оператора під час неперервної роботи. Фугувальне обладнання відносно прості і надійні у використанні, що робить їх доступними і зручними.

Загальний вигляд фугувального верстату зображено на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 - Зразок загального виду фугувального верстату

Заточувальний верстат, також відомий як верстат точильний, це столярний інструмент, що використаний для заточування ріжучих інструментів, таких як долота, свердла, рубанки, ножі. Обладнання має обертовий абразивний круг або шліфстрічку для видалення з інструменту нерівностей, задирок, зовнішніх дефектів. Заготовка фіксується в спеціальному тримачі чи затискачі на

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		





Рисунок 1.3 - Вигляд серійного заточувального верстату FDB Maschinen TS 700

Автоматична промислова лінія виготовлення брикетів з тирси - це агрегат машин та обладнання, призначений для безперервного отримання брикетів з тирси, стружки та інших подрібнених дерев'яних відходів [3].

Стружка, тирса, інші подрібнені відходи деревини подаються в подрібнювач, в якому подрібнюються до однорідної маси. Це робиться для забезпечення міцності, густини готових брикетів. Подрібнена маса подається в сушарку, де випаровується зайва волога. Рівень вологості тирси перед брикетуванням становить в межах 10-14%. Висушена тирса дозується за допомогою спеціального дозатора, що забезпечує подачу необхідної кількості матеріалу в прес. Тирса дозована подається в прес, де під високим тиском (сотні бар) формується брикет. Кінцеві брикети охолоджуються, щоб за часом затверділи, зберегли свою форму. Охолоджені брикети можуть найкраще упаковуватися в мішки або іншу тару.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Автоматичні промислові лінії по виготовленню брикетів мають кілька головних переваг, що роблять їх привабливими для приватних підприємств, які займаються виробництвом паливних брикетів. Основні переваги таких ліній – це те, що вони можуть працювати безперервно та з великою швидкістю, підтримуючи значний рівень продуктивності. Це дозволяє виготовляти значні об’єми продукції за короткий час. Також стабільна та одноріда якість брикетів.

Завдяки автоматизації процесу сильно зменшується потреба в ручній праці, що дозволяє понизити витрати на заробітну плату та мінімізувати людський вплив у виробничому процесі.

Промислові лінії дозволяють максимально ефективно використовувати сировину, зменшуючи втрати робочих матеріалів.

Сучасні лінії часто оснащені енергоефективними технологіями, які допомагають знизити витрати на енергію та зробити виробництво привабливим.

Наступні переваги автоматичних ліній:

- зменшення витрат на обслуговування;
- покращення безпеки праці;
- гнучкість у виробничих налаштуваннях;
- сучасні лінії можуть налаштовані для виготовлення зразків брикетів

різних форм та розмірів.

На рис. 1.4 відображено серійний брикетний прес «РВU» Україна.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4 - Вигляд серійного брикетного пресу

## 1.2 Способи укладання промислових електричних мереж

Укладання кабелів під землею є кращим з надійніших способів монтажу мереж передачі електроенергії. Проте цей спосіб є одним з важких методів, вимагає суворого дотримання створених технологій та нормованих відстаней і рахується складним способом виробництва електромагістралей.

Даний спосіб використовується як професійними спеціалістами для прокладання кабельних ліній з різними напругами, так і власниками цивільних господарств для підключення господарських будівель та приватних будинків [1,2].

Прокладання електричного кабелю в траншеях вважається найбільш економічнішим, бо враховує разові витрати і практично не вимагає догляду. Спосіб вважається надійним та довговічним – перешкоджає випадковому пошкодженню кабелю та ураженню людей змінним струмом; забезпечує умови

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

для ефективного охолодження електричних кабелів, завдяки чому вони можуть проводити значну потужність та забезпечує красивий вигляд навколишнього середовища.

Метод підземної прокладки промислових кабелів здійснюється як за допомогою механізмів, як і вручну, вимагає проведення значного обсягу робіт та прокладається строго по правилами відповідно рисунку 1.5. Підземне прокладання кабельних ліній має певний ряд переваг, таких як зменшення ризику пошкоджень від вандалізму та погодних умов, а також зовнішній вигляд, однак існують і значні мінуси запропонованого методу. Основні недоліки описані в наступному.

Підземне прокладання кабелів вимагає значних фінансових інвестицій на початкових етапах. Це включає сумарні витрати на матеріали, земляні роботи, спеціалізоване промислове обладнання та робочу силу.

Процес підземної укладки електричних кабелів є тривалішим та складним порівняно з повітряним прокладанням. Потрібно багато викладатись на певні ризики, як тип ґрунту, наявність підземних комунікацій і вплив оточуючого середовища. Виявлення та усунення несправностей у підземних умовах є дорогим та складнішим. Для цього потрібні розкопування, що збільшує час простою та фінансові витрати.

У разі пошкодження підземних кабелів доступ є обмеженим, що ускладнює проведення діагностику та певний ремонт. Земляні роботи для безпечної укладки підземних електричних кабелів можуть негативно впливати на конкретну екосистему та зовнішнє довкілля. Навіть підземні електричні кабелі захищені від погодних умов, але спосіб їх виробництва та ремонту сильно залежать від погодних умов – морозів, сильних злив.

Підземні електричні кабелі можуть бути пошкоджені під час інших земляних робіт, таких як будівництво чи ремонт доріг, що може призвести до додаткових витрат та простоїв. Підземні електричні кабелі можуть стикатися з проблемами теплового навантаження, бо певний ґрунт має меншу здатність

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

розсіювати тепло відносно повітря. Це може вимагати додаткових рішень для способів охолодження.

Прокладання підземних кабелів може бути регламентоване діючими законами та нормами, що може ускладнювати та зривати процес узгодження та отримання відповідних дозволів.

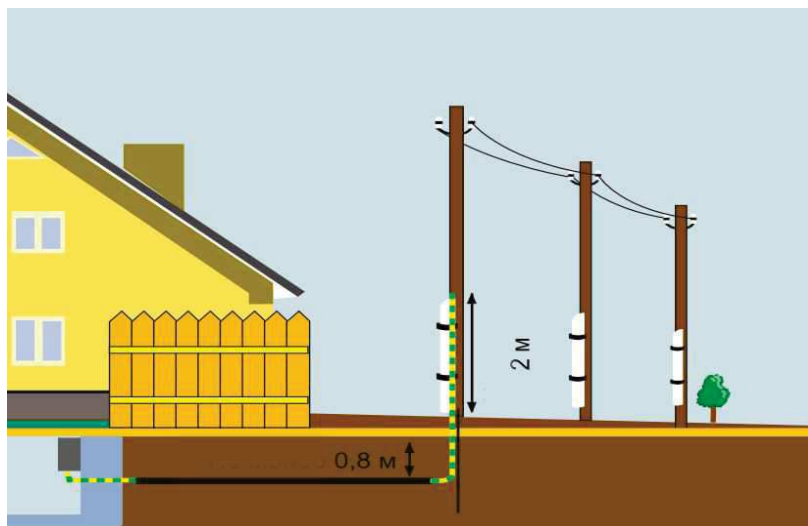


Рисунок 1.5 - Способи виконання підземної кабельної лінії

Повітряна кабельна лінія передбачає спосіб переміщення провідника по повітря, коли провідник йде від бетонного стовбура до будинку. На сьогодні даний метод є одним із традиційних, але часто облаштовують для електропостачання окремих будинків. Основна причина рейтингу цього способу – простий монтаж, швидкість та економічні витрати. Вже за короткий час електрики можуть підключити окремий будинок до електричної лінії.

Недоліки укладки повітряної електричної лінії:

– У процесі транспортування електроенергії дріт нагрівається. В холодну пору може привести до утворення льоду на кабелі. При значному впливі низьких температур і вологості товстий шар може наростати, що часто закінчується обривами на лінії електрики.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

- Вплив вітрового навантаження, що є основною причиною обриву кабелю.

Рішенням всіх описаних вище недоліків стає застосування нових сучасних кабелів, надійних, міцних, робочих як кабель СІП. Самонесучий ізольований провід (скорочено СІП) для вводу в будівлю має бути перетином не менше 10 квадрат. мм. Для його монтажу застосовується спеціальна арматура.

Кабель СІП використовується для транспортування та роздачі струму в мережах освітлення та силових мережах, де рівень напруги відповідає межах 0,4 ... 1 кВ.

Самонесучий ізольований провід задіяний повсюдно в облаштуванні внутрішніх приміщень, його використовують там, де необхідно облаштувати довговічну мережу електропередач, ввести в житлові та нежитлові будинки електричні лінії.

СІП - провідник, який має сукупність з скручених струмоведучих жил в оболонці. У конструкції знаходяться фазні жили з алюмінію та нульова жила. Ізоляція фазних жил забезпечена із використанням світлостабілізованого поліетилену чорного кольору. Головна перевага обраного матеріалу – надійність до руйнівного впливу ультрафіолету. Нульовий провід складається із сталевого сердечника, навколо якого обкручені алюмінієві жили.

Внутрішньостінний спосіб укладання кабелі прокладаються всередині стін будівель (рис.1.6). Внутрішньостінне спосіб укладання є хорошим способом приховати кабелі, але це буває дорогим і трудомістким. Настінне прокладання певних кабелів спроектовано по стінах будівель [4]. Настінне прокладання є більш економним, ніж внутрішньостінне прокладання, його можна швидше встановити. Звичайно настінні кабелі можуть бути непривабливими.

Вибір методу укладки електричної кабельної лінії залежить від кількох факторів, включаючи тип лінії, що прокладається, відстань, на яку вона розрахована, і бюджет коштів проекту.

Внутрішній електромонтаж є важливою частиною будь-якої цеху, будинку, забезпечуючи подачу електроенергії до всіх приміщень. Монтаж має

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

свої переваги та недоліки, які слід бачити під час проектування та виконання робіт електромонтажу. Електропроводка всередині будівлі захищена від впливу зовнішніх робочих умов, таких як дощ, сніг, вітер, що збільшує надійність та довговічність. Внутрішні електричні системи менш піддаються різним пошкодженням, вандалізму чи випадковим аваріям. Електропроводка може бути занурена в стінах, стелях або підлогах, що забезпечує чистий, приємний вигляд приміщень. Внутрішній монтаж дозволяє легше інтегрувати необхідні конструктивні компоненти в дизайн інтер'єру. Зручність доступу для профілактики та модернізації. Це спрощує обслуговування, діагностику та ремонт цехових електричних систем. Внутрішній монтаж спрощує додавання нового електрообладнання чи оновлення існуючих систем. Внутрішні системи мають, як правило, менші відстані передачі, що значно зменшує втрати електроенергії на опір проводів.

Вартість матеріалів (труби, розетки, кабелі, вимикачі) та робіт може бути високою, у випадку значних проектів. Монтаж вимагає участі досвідчених електриків, які збільшують витрати на робочу силу. У випадку виникнення відмов, доступ до кабелів, схованих в стінах чи підлогах, може бути довшим і вимагати руйнівних методів ремонту (розкриття підлог та стін). Ремонтні роботи можуть бути трудомісткими і значно витратними через необхідність демонтажу та відновлення частин цеху, будинку.

Неналежно встановлені або пошкоджені електричні лінії можуть стати причинами пожежі та авральних ситуацій. Необхідність суворого дотримання вимог стандартів безпеки є критичною. Необхідність дотримання вимог будівельних норм та стандартів електробезпеки може ускладнювати конструкцію та монтаж електричних систем, ліній, кабелів. Необхідність отримання дозволів та ведення належної документації може займати додатковий час та кошти.

Внутрішній електромонтаж є невід'ємною частиною інфраструктури будь-якого проекту промислового цеху. Конкретні переваги включають безпеку, естетику, зручність експлуатації та зменшення витрат електричної

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

енергії. Однак, такі проекти можуть бути затратними, складними в ремонті, вимагати належних стандартів безпеки та суворого дотримання будівельних вимог. Баланс між перевагами та недоліками має вимагати постійного контролю під час планування та реалізації монтажних робіт.

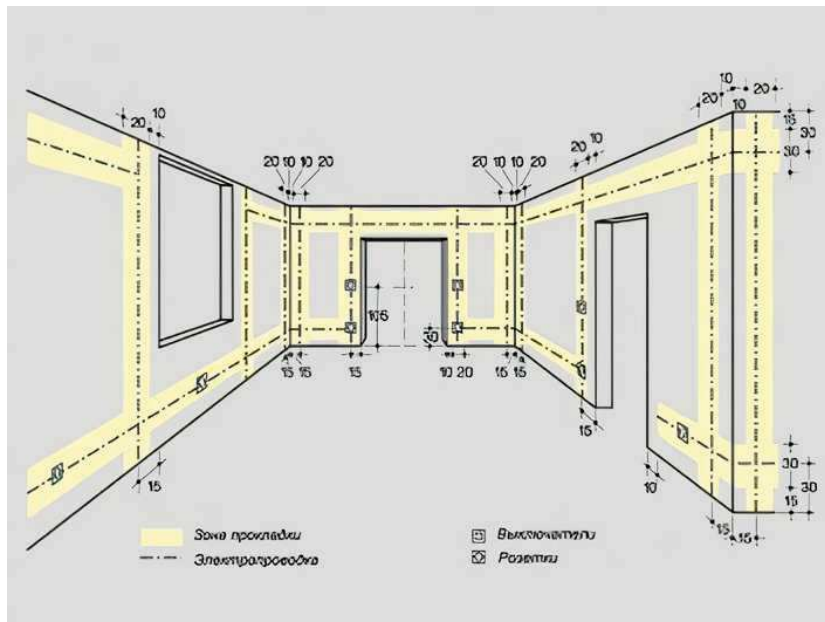


Рисунок 1.6 - Види розміщення ліній та електрокабелів в цеху

### 1.3 Методи впливу на реактивну потужність мережі, пристрої комутації

Способи впливу на компенсацію реактивної потужності є важливою темою керування електричними системами, що сприяє підвищенню енергоефективності роботи обладнання та електричних мереж. Реактивна потужність виникає через ємнісні та індуктивні складові елементи, присутні в системі, такі як конденсатори, трансформатори, двигуни. Вона не виконує корисної роботи, але значно впливає на загальний стан конкретної електромережі. Приклад даної системи показано на рисунку 1.7.

Значний рівень реактивної електричної потужності знижує коефіцієнт потужності, що призводить до постійного збільшення втрат в електромережі.

Способи компенсації реактивної потужності впливають на зміни коефіцієнту потужності, що зменшує втрати енергії в електричних лініях, трансформаторах, мережах.

Оптимальне використання компенсації дозволяє зменшити навантаження на обладнання, електричні мережі, що збільшує їх пропускну здатність, продуктивність, ефективність технологічних процесів.

Зменшення штрафів за малий коефіцієнт потужності: багато енергопостачальних компаній стягують додаткові штрафи за низьке значення коефіцієнт потужності. Компенсація реактивної потужності допомагає відмовитись від додаткових витрат.

Зменшення коливань напруги: компенсація реактивної електричної потужності допомагає стабілізувати напругу в електромережі, зменшуючи стрибки споживання, покращуючи якість електропостачання.

Покращення роботи обладнання: зниження стрибків напруги сприяє стабільній роботі електромереж та обладнання, зменшуючи ймовірність виходу з ладу.

Зменшення потреби у розширенні потужності мережі: методи компенсації реактивної потужності дозволяють уникнути необхідності капітальних витрат нових ліній електропередач або підстанцій, оскільки створені потужності використовуються більш ефективно та ощадливо.

Крім компенсації потужності, застосоване обладнання дає змогу фільтрувати гармонічні спотворення, покращуючи якість живильної електричної енергії.

Компенсація реактивної потужності - важливий елемент сучасного керування електричними мережами, що сприяє зменшенню втрат енергії, зростанню надійності та стабільності системи, а також економії фінансів на електроенергію та інші цілі.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



монтаж; малі втрати (до 0,45 Вт на 1 кВАр електр. потужності); можливість підключення в будь-якій точці електромережі; малі експлуатаційні витрати; контроль температури конденсаторних батарей. Принципова схема регулятора зображена на рис. 1.8.

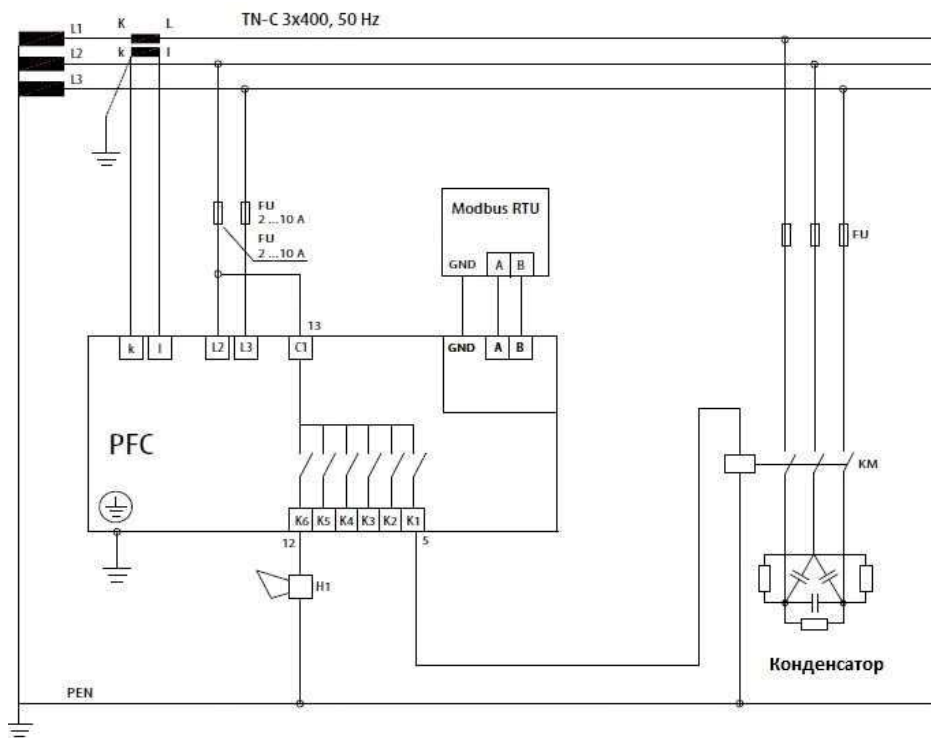
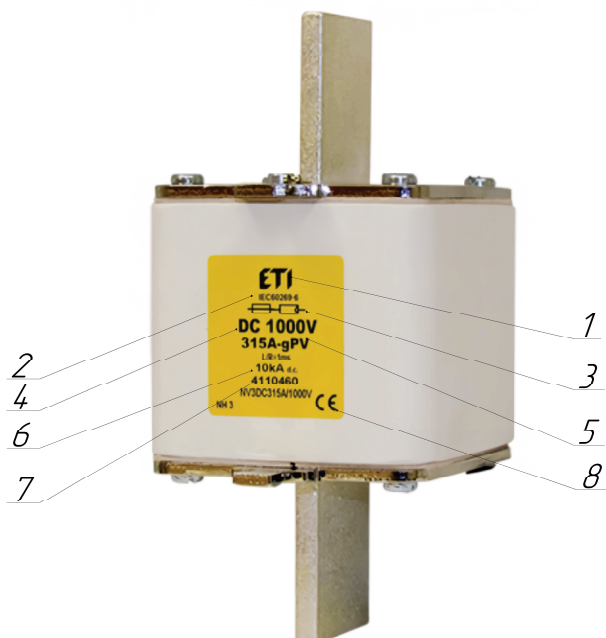


Рисунок 1.8 - Електрична схема серійного регулятора реактивної потужності

Плавкі запобіжники можуть надійно служити для захисту ділянки мережі від короткого замикання та стрибків напруги. Прилади бувають одноразовими і зі змінними вставками. Застосовуються промислово, в побуті, тому випускаються запобіжники, які працюють при  $U$  до 3 кВт, і високовольтні моделі — вище 1 000 В. Такі пристрої популярні та надійні, частота застосування викликана якістю простої конструкції і простим обслуговуванням при ремонті.

Запобіжники промислового призначення європейської системи NH передбачають діапазон номінальних струмів від 4 до 1800 А за номін.напруги 500 В та 690 В. Функція здатності до відключення цих запобіжників має

значення 180 кА. В порівнянні із ПН2, запобіжники робочої системи NH за однакових номінальних параметрів мають скромні габарити та є ощаднішими – розсіювана потужність у корпусах запобіжників системи NH на 28...39 % нижча, ніж у вставках ПН2.



2 – стандартизація та сертифікація(IEC60269-6); 1 – виробник ; 3 – схема підключення ; 4 – номінальна напруга мережі (до 1000 В) ; 5 – номінальний струм (315А); 6 – розривна струмова здатність (до 10кА); 7 – номер каталогу; 8 – маркування CE

Рисунок 1.9 - Маркування серійного промислового запобіжника

Автоматичні вимикачі в промисловості використовуються для тих умов, як і запобіжники. Основна відмінність від запобіжників є більш складніша конструкція. Але в експлуатації автоматичні вимикачі якісні і значно функціональніші, комфортніші та раціональні [6].

Головним параметром у виборі пристрою для промислової лінії є показник номінального струму, це сумарне значення струму за інтервал часу. Значення номінальних струмів підказують на границі технічної норми короткого замикання, як допустиме значення струму короткого замикання.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



роз'єднує контакт. В моменті перевищення даного рівня струму з'являється деформація пластин від сили струму.

Такі пристрої, які мають автоматичні вимикачі диференціального реле, зручніші в експлуатації. Захисні пристрої сприяють знизити масу і габарити силової шафи, для монтажу і не вимагають значних витрат в роботі [6].



Рисунок 1.11 - Зразок теплового реле

В приватних житлових будинках більше зручними вважаються плавкі запобіжники і автоматичні вимикачі. Для промислових виробництв збираються спеціальні шафи релейних захистів. Ці шафи забезпечують стабільну роботу електричних споживачів всіх категорій. Тому до такого виду автоматичного захисту можна віднести автоматичне введення резерву (АВР), що засновується на базі цифрових блоків та необхідних реле захисту.

Автомат введення резерву АВР 4Р 125А перемикач використовується в енергопостачанні промислових цехів для автоматичного або ручного включення резервних джерел живлення і забезпечує безперебійне електропостачання споживачів. При втраті робочого основного електропостачання пристрій АВР надасть резервне електропостачання у потрібній кількості.

ZOII®



Рисунок 1.12 – Зразок автоматичного перемикача введення резерву 3 фази  
+ нуль 4P 125A ZOII ZYQ5-125 ABP

#### 1.4 Висновки до першого розділу

Виконано огляд електрообладнання та промислових верстатів та електрообладнання, які залучені для виробництва в промисловому цеху. Описані способи укладки кабельних ліній . Розглянуто метод впливу на реактивну потужність мережі, пристрої комутації, принцип дії, застосування. Комутаційні пристрої (автомати, роз'єднувачі, магнітні пускачі та реле, автомати введення резерву), які безпосередньо мають монтуватись в шафи ВРП, РП та ЩО, мають надійно працювати для енергоефективної роботи промислового обладнання.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2      ПРОЄКТ      УДОСКОНАЛЕННЯ      ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ  
ВИРОБНИЧОГО ЦЕХУ

2.1 Проєкт зовнішнього електропостачання

В 2му розділі роботи показуємо: живлення головного цеху від джерела живлення та показуємо кількість, марку, переріз проводу живлення, заземлення розподільчої шафи, його корпусу, висоту будівлі, розміри, назву. План зовнішнього електропостачання зображено на листі А4 пояснювальної записки ПЗ у певному масштабі. Виконуємо специфікацію плану зовнішнього електропостачання нашого цеху форми 7 додатка Ж ДСТУ Б А2.4-4. Виконано план зовнішнього електропостачання промислового цеху, див. рис.2.1.

Таблиця.2.1 - Перелік елементів плану

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг
	ВРП	Шафа вводу і обліку ПР11-1063-21У3, IP54	1 шт.	
	Н1	Самонесучий ізолюваний провід 0,6/1 кВ ДСТУ 12176-89 ВВГ- 5х35мм <sup>2</sup>	20	
1		Пристрій заземлення:		
		Горизонтальний заземлювач, пруток діаметром 12 мм, ДСТУ 2590-2011	11 м	
		Вертикальний заземлювач, пруток діаметром 16 мм, ДСТУ 2590-2011	12,8 м	

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Кокорський					
Перевір.		Тимошук О			ХНУ гр. ЕТс-22-2		
Н.контр.		Пундик С.					
Затвер.		Неймак В.					

Удосконалення системи  
електропостачання  
промислового цеху

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
БРМА 25 00 00 000 ПЗ				
				Арк.



Рисунок 2.1- План зовнішнього електропостачання промислового цеху

## 2.2 Проект розпланування розподільчих шаф цеху

На аркуші А4 ПЗ зображено план головного цеху для обробки деревини, вказуємо розміри окремих приміщень, висоту до стелі та робимо монтаж розподільчих шаф - рис.2.2.

Враховавши вимоги пожежної безпеки та електробезпеки, технологічні процеси, плануємо зробити: ВРП – в середині приміщення допоміжного цеху; ЩО2 – в кладовій; ЩО1 – в роздягальні; РП – в обробному цеху. Підключити шафи до робочої електромережі плануємо від розподільчого місця - ВРП. Живлення шаф робимо буквами: Н4 - кабель живлення шафи освітлення РП, Н3 - кабель живлення шафи освітлення ЩО2, Н3 - кабель живлення шафи освітлення ЩО1, Н2 - провід живлення ВРП.

На листі А4 ПЗ зображуємо план цеху для виробництва деревини та розміщаємо розподільчі шафи - рис.2.2

Таблиця 2.2 - Експлікація основних приміщень промислового цеху

Номер згід. план	Найменування,місце	Площа, в м <sup>2</sup>
1	Деревообробний головний цех	371,135
3	Приміщення майстра	16,18
2	Заточувальне відділення	22,16
4	Інструментальна дільниця	23,46
6	Побутова кімната для відпочинку	19,40
5	Кладова	19,40
8	Душова	3,58
7	Роздягальна	3,63

Зм.	Дрк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

Дрк.

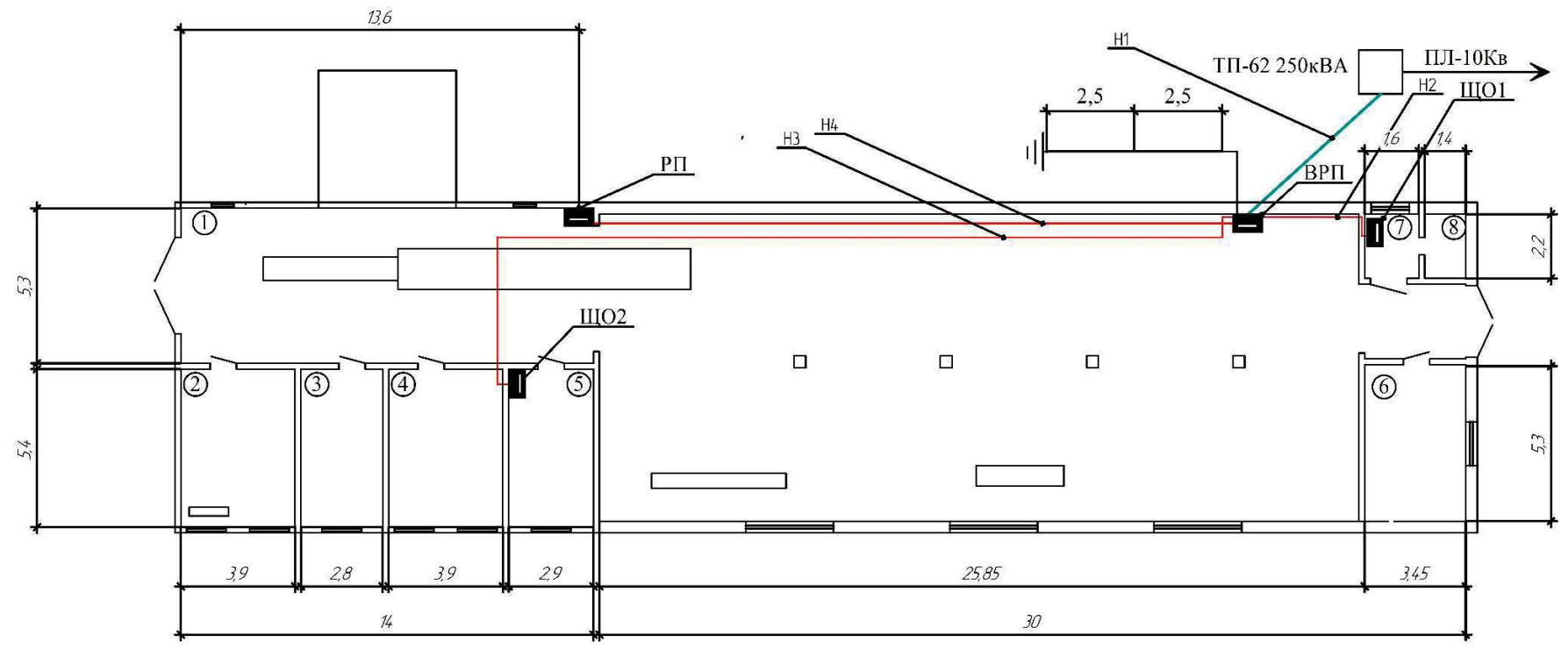


Рисунок 2.2 – План розташування робочих розподільчих шаф головного цеху



Зм.	Дрк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

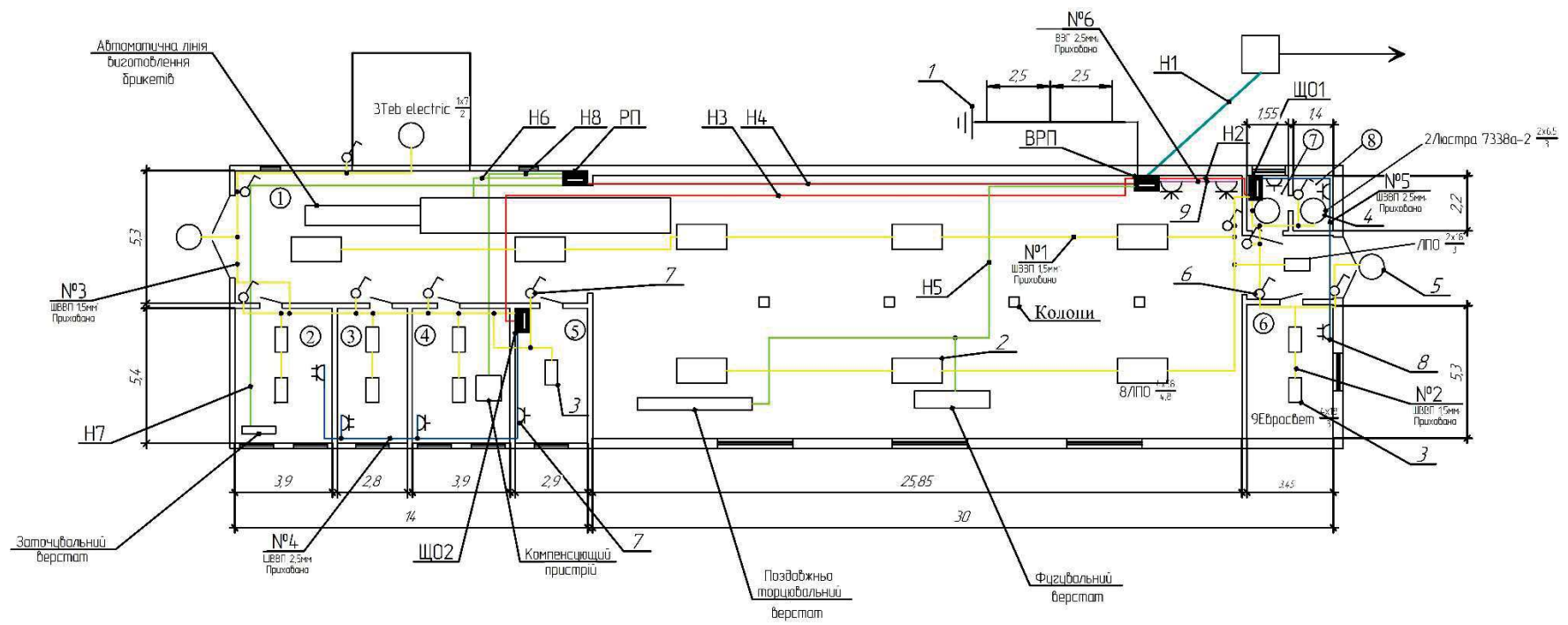


Рисунок 2.3 – План розташування електрообладнання і укладки електричних мереж промцеху

Дрк.



$$2,5 \cdot 8 = 20 \text{ [м];}$$

Висота даного стрижня:

$$h_o = 0,845 \cdot h \quad (2.3)$$

$$0,845 \cdot 8 = 6,77 \text{ [м];}$$

$$h_c = (L_{\max} - (L/L_{\max}) - L_c) \cdot h_o \quad (2.4)$$

$$(46 - (40,5/46) - 20) \cdot 6,77 = 170,06 \text{ м;}$$

Радіус кружка:

$$R_o = 1,2 \cdot h \quad (2.5)$$

$$1,22 \cdot 8 = 9,76 \text{ [м];}$$

Для нерівності  $h_x < h_c$  довжина горизонтального перерізу розраховано:

$$L_x = L/2 \quad (2.6)$$

$$40,5/2 = 20,25 \text{ [м];}$$

Значення ширини горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами розраховано:

$$r_{cx} = r_o \cdot (h_c - h_x) / h_c \quad (2.7)$$

$$9,6 \cdot (172,8 - 5) / 170,06 = 9,34 \text{ м}$$

Важливо і головне, щоб система блискавкозахисту була вірно спроектована та встановлена кваліфікованими спеціалістами. Регулярне обслуговування системи блискавкозахисту є досить важливим, щоб вона працювала належним чином. Монтаж і обслуговування блискавкозахисту на промислових цехах допоможе захистити життя робітників, майно та довкілля від руйнівних наслідків потужних ударів блискавок і негоди.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



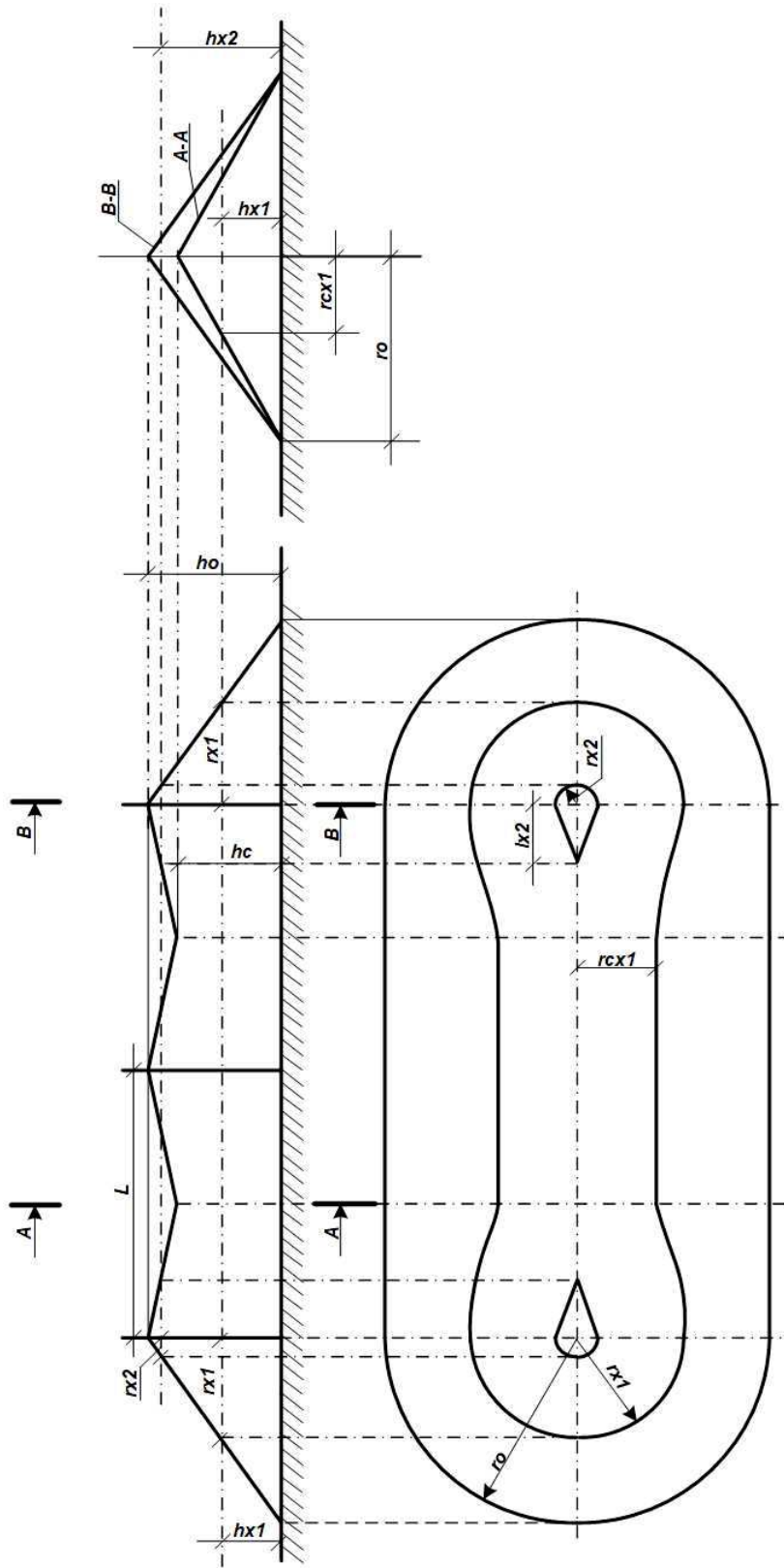


Рис 2.4 – Конструктивна схема захисту блискавковідводів цеху

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

Арк.

## 2.5 Проєкт системи споживання електроенергії

Розрахунковим обліком електричної енергії називається облік виробленої, що подається споживачам електроенергії для подальших розрахунків. Лічильники, які встановлюються для регулярного розрахункового обліку, називаються розрахунковими лічильниками енергії. Технічним обліком електроенергії називається контрольний облік споживаної електроенергії всередині підстанції, підприємств, електростанції, в будинках.

Для визначення потрібного лічильника виконуємо розрахунок струму для обладнання головного цеху:

$$I_p = \frac{\Sigma P_{\text{НОМ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}} \cdot \cos \varphi}; \quad (2.8)$$

$$I_p = \frac{60}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 114\text{А};$$

З каталогу обладнання [19] робимо вибір лічильника трифазного для обліку активної електричної енергії типу НІК 2801 АПЗ,  $I_{\text{НОМ.}}=5-125$  А,  $U_{\text{НОМ.}}=3 \times 220/380$  В, категорія клас точності 1.

Схема обліку електроенергії промислового цеху по обробці пиломатеріалів розміщена на аркуші ф. А1 та зображена на рис. 2.6.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд конструкції трифазного лічильника НІК 2801  
АП

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



## 2.6 Висновки до другого розділу

Було виконано проектування зовнішнього електропостачання головного цеху. Зроблено план розташування електрообладнання, розподільчих шаф. Спроектовано і виконано блискавкозахист промислового цеху та заземлюючий пристрій. Спроектовано схему обліку електроенергії.

В проєкті заплановано вісім приміщень, де розміщені чотири розподільчі шафи.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3 ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ БЕЗВІДМОВНІСТЬ І НАПРАЦЮВАННЯ ВИРОБНИЧОГО ОБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

#### 3.1 Живильні мережі, освітлення цеху, навантаження силових установок

Для електричного освітлення всередині головного промислового цеху використовуємо світильники з люмінесцентними лампами.

Основні розрахункові дані на проектування:

Приміщення:

- ширина та довжина;
- коефіцієнти відображення стелі, стін та підлоги.

Світильники:

- коефіцієнт застосування світильника;
- розрахункова висота.

Лампи:

- тип лампи, марка;
- потужність.

Норми:

- Нормуюча освітленість.

Допоміжні дані [16]:

- таблиця коефіцієнтів використання обладнання світла, Д 2;
- таблиця коефіцієнтів використання, Д 3;
- таблиця рівнів освітлення, Д 4;
- таблиця роб. коефіцієнту запасу освітлення, Д 6;
- таблиця рівня світлового потоку обладнання, Д 5.

Рахуємо кількість світильників в приміщеннях промислового цеху.

Розраховано площу приміщення:

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$S = a \cdot b; \quad (3.1)$$

де:  $S$  – корисна площа,  $m^2$ ,

$a$  - ширина приміщення,  $m$ ,

$b$  - довжина приміщення цеху,  $m$ .

З головного плану розрахунків рахуємо розміри і площу приміщень промислового цеху

Отже, маємо площу деревообробного промислового цеху:

$$S = (5,3 \cdot 13,6) + (26,850 \cdot 10,7) = 359,375[m^2];$$

Потім отримали індекс приміщення головного цеху:

$$\varphi = \frac{S}{h \cdot (a+b)}; \quad (3.2)$$

де:  $\varphi$  - індекс площі.

$h$  – робоча висота приміщення цеху.

$$\varphi = \frac{359,375}{4,8 \cdot ((5,3 + 13,6) + (26,850 + 10,7))} = \frac{359,375}{128,27} = 2,8;$$

Кількість світильників, що розраховано для освітлення промислового цеху пиломатеріалів:

$$n = \frac{E_{\text{норм}} \cdot S \cdot 100}{U \cdot K_3 \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}}}; \quad (3.3)$$

де:  $U$ – коефіцієнт використання установок світла, додаток 2 [16];

$E$  – нормована освітленість горизонт. робочої площини, лк, додаток 4;

$\Phi_{\text{л}}$ – світловий потік  $l$ ї конкретної лампи, додаток 5;

$n$  – кількість ламп в світильнику,

$K_3$  – коефіцієнт запасу реальної освітленості, додаток 6.

Надалі обираємо значення норми освітленості. Для промислового цеху використали значення  $E=310$  лк. Коефіцієнт використання однієї освітлюв. обладнання  $U=44$ . Знайшли коефіцієнт запасу освітленості  $K_3=1,355$ .

Обираємо з таблиць постачальника світильник марки ЛПО 4x58

Світловий потік даної лампи має  $\Phi_{\text{л}}=4655$  лм.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Отже, кількість світильників в нашому головному цеху

$$n = \frac{230 \cdot 359,375 \cdot 100}{42 \cdot 1,3 \cdot 4 \cdot 4650} = \frac{8265625}{1015560} = 8,14 \approx 8 \text{ шт.};$$

Результати розрахунків освітлення промислового цеху переносимо в табл. 3.1.

Таблиця. 3.1 - Розрахунок кількості світильників

Назва приміщення	Площа S (м <sup>2</sup> )	Індекс склад. приміщення φ	Норм. освітленість E, лк	Коефіцієнт Використання, u	Коефіцієнт Запасу, K <sub>з</sub>	Тип світильника	Розрахунковий потік Фл	Кількість n
Заточувальне відділення	21,06	0,33	250	42	1,5	Світильник EVROLIGHT 4x18Вт	1080	2
Промисловий цех	359,375	2,8	230	42	1,3	ЛПО 4x58	4850	8
	9,76	0,27	150			ЛПО 2x18Вт	1080	1
Інструментальна	21,06	0,33	150	42	0,8	Світильник EVROLIGHT 4x18Вт	1080	2
Кімната майстра	15,12	0,33	250	42	1,3	Світильник EVROLIGHT 4x18Вт	1080	2
Склад	15,66	0,33	100	42	0,8	Світильник EVROLIGHT 4x18Вт	1080	1

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 3.1

Роздягальна	3,63	0,33	200	42	1,3	Люстра «7338а-2» 2x6.5Вт	725	1
Побутова кімната	18,285	0,7	200	42	1,3	Світильник EVROLIGHT 4x18Вт	1080	2
Душова	3,08	0,33	200	42	1,3	Люстра «7338а-2» 2x6.5Вт	725	1

Для зовнішнього освітлення обираємо прожектор світлодіодний A.GLO GL-22-10 10W [17].

Розрахунок електричного навантаження для силових електроспоживачів виконано нижче.

Струм електроспоживача визначено для великої кількості електроспоживачів за формулою:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{\text{ном}}}; \quad (3.4)$$

де:  $U_{\text{ном}}$  - номінальна лінійна напруга мережі;

$P_{\text{ном}}$  - активна потужність електроспоживача;

$\eta_{\text{ном}}$  - ККД - робочий коефіцієнт корисної дії,

$\cos\varphi$  – промисловий коефіцієнт потужності навантаження;

Визначаємо реальний струм розточувального верстату:

$$I_{\text{ном}} = \frac{7,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,75 \cdot 0,82} = 18,5[\text{A}];$$

Результати обчислення заносимо до таблиці 3.2.

						БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			



$$P_{\text{ном.сум}} = P_{\text{ном.1}} \cdot n; \quad (3.6)$$

Отже, сумарна потужність поздовжньо торцювального верстату:

$$P_{\text{ном.сум}} = 7,5 \cdot 1 = 7,5 \text{ [кВт]}$$

Сумарна потужність:

$$P_{\text{зм.}} = P_{\text{ном.сум}} \cdot K_{\text{в}}; \quad (3.7)$$

де:  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнт використання, додаток 12.

$$P_{\text{зм.}} = 7,5 \cdot 0,13 = 0,975 \text{ [кВт]};$$

$$Q_{\text{зм.}} = P_{\text{зм.}} \cdot \text{tg}\varphi; \quad (3.8)$$

$$\text{tg}\varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2\varphi}}{\cos\varphi}; \quad (3.9)$$

де:  $\cos\varphi$  – робочий коефіцієнт потужності, додаток 12.

$$\text{tg}\varphi = 0,56$$

$$Q_{\text{зм.}} = 0,975 \cdot 0,88 = 0,546 \text{ [кВАр]};$$

Аналогічно робимо розрахунки для верстатів. Обраховані результати заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця. 3.3 – Результати обчислень

№ п/п	Назва обладнання	n	$P_{\text{ном. кВт}}$	$P_{\text{ном. сум.}}$	$K_{\text{в}}$	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	$P_{\text{зм.}}$ , кВт	$Q_{\text{зм.}}$ , кВАр	$n_{\text{с}}$	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{м.}}$ , кВт	$Q_{\text{м.}}$ , кВАр	$S_{\text{м.}}$ , кВА
1	Автоматична пром. лінія виготовлення брикетів	1	40	40	0,16	0,75/ 0,88	6,4	5,632	–	–	–	–	–
2	Заточувальний верстат	1	1,1	1,1	0,13	0,8/ 0,75	0,143	0,107	–	–	–	–	–
3	Фугувальний верстат	1	5,5	5,5	0,13	0,8/ 0,75	0,715	0,536	–	–	–	–	–
4	Повздовжньо - торцювальний верстат	1	7,5	7,5	0,13	0,75/ 0,88	0,858	0,546	–	–	–	–	–
Всього		4	–	54,1	0,13	–	8,116	6,821	4				

Отже виконуються розрахунки для інших споживачів. Додаємо реактивну і активну потужності на зміну,  $\Sigma P_{зм.} = 8,18$  кВт;  $\Sigma Q_{зм.} = 7,95$  кВАр. Беремо кількість електроспоживачів, по таблиці  $n=4$  шт., маємо сумарну потужність підключених електроспоживачів:

$$\Sigma P_{ном.сум.} = 54,5 \text{ [кВт]};$$

Отримано середній коефіцієнт використання:

$$K_{в.с.} = \Sigma P_{зм.} / \Sigma P_{ном.сум.}; \quad (3.10)$$

$$K_{в.с.} = 8,18 / 54,5 = 0,145;$$

Обираємо умови визначення ефективного числа  $n_e$

При  $n \geq 5$ ,  $K_{в.с.} \geq 0,2$ ,  $m \geq 3$ ,  $P_{ном.} \neq const$

$$n_e = 2 \Sigma P_{ном.} / P_{ном.}; \quad (3.11)$$

$$n_e = 109,1 / 40 = 2,705 \approx 3$$

$n_e = 3$  верстати.

Надалі коефіцієнт максимуму навантаження:

$$K_M = f(K_{в.с.}, n_e); \quad (3.12)$$

$$K_M = 1,88;$$

Після розрахунків максимальну потужність приміщення цеху по обробці пиломатеріалів:

$$P_M = K_M \cdot \Sigma P_{зм.}; \quad (3.13)$$

$$P_M = 1,87 \cdot 8,116 = 15,18 \text{ кВт};$$

$$Q_M = 1,1 \cdot \Sigma Q_{зм.} \quad \text{при } n_e \leq 10;$$

$$Q_M = \Sigma Q_{зм.} \quad \text{при } n_e > 10;$$

$$Q_M = 6,821 \text{ [кВАр]};$$

Рахуємо максимальну потужність:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2}; \quad (3.14)$$

$$S_M = \sqrt{15,18^2 + 6,821^2} = \sqrt{73,80 + 46,52} = \sqrt{276,95} = 16,64 \text{ [кВА]}$$

Отримано коефіцієнт потужності  $\cos \varphi_M$ :

$$\cos \varphi_M = P_M / S_M; \quad (3.15)$$

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

$$\cos\varphi_M = 15,28/16,39 = 0,92;$$

$$\operatorname{tg}\varphi_M = \frac{\sqrt{1-\cos^2\varphi}}{\cos\varphi}; \quad (3.16)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_M = \frac{\sqrt{1-0,91^2}}{0,91} = 0,445;$$

Потужність компенсуючого пристрою:

$$Q_{\text{к.п.}} = Q_M - Q_C = P_M(\operatorname{tg}\varphi_M - \operatorname{tg}\varphi_C); \quad (3.17)$$

де:  $Q_M$  – реактивна потужність цеху;

$Q_C$  – реактивна потужність мережі;

$\operatorname{tg}\varphi_C = 0,25$  – для Хмельницькобленерго, що задається енергосистемою.

$$Q_{\text{к.п.}} = 15,28 \cdot (0,445 - 0,25) = 3,016 \text{ [кВАр]}.$$

Далі отримали: конденсаторна батарея, чії характеристики ідуть в табл.

3.4

Таблиця. 3.4 – Характеристики конденсаторної батареї

Тип конд. установки	$U_{\text{ном.}}$ , кВ	$Q_{\text{ном.}}$ ,кВАр	Ємність, mf	$I_{\text{ном.}}$ , А
ККС-0,4-6-3	0,42	5	99,45	1,28



Рисунок 3.1- Загальний вигляд конденсаторної батареї ККС-0,4-6-3

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Планується далі компенсуючий пристрій з правої сторони приміщення промислового цеху.

### 3.3 Удосконалення розподільчих і живильних мереж

Виконані принципові схеми основної і розподільчих мереж електропостачання цеху, де ВРП - шафа та її тип, лінії постачання, шафи освітлення, апарати робочого захисту, тип, апарат обліку енергії, потужність приймачів, реальне падіння напруги.

Схема постачання промислового цеху виконана на арк. форм. А1, принципова схема розподільчих і живильних мереж на рис. 3.2.

Падіння напруги в кінці подаючих ліній робимо за формулою:

$$\Delta U = M/C \cdot S; \quad (3.18)$$

де: С - коефіцієнт, якщо залежить від величини напруги і матеріалу проводу;

М - момент, що рахується за формулою:

$$M = P \cdot L, \text{кВт} \cdot \text{м}; \quad (3.19)$$

де: S – переріз електр.кабелю, мм<sup>2</sup>.

Далі дивимось падіння напруги. Позначено Н1. Рахований переріз дроту 34 мм<sup>2</sup>, довжина лінії L = 21 м. Для коефіцієнту падіння напруги вибираємо С = 77.

$$M = 60 \cdot 20 = 1200 \text{ [кВт} \cdot \text{м]};$$

$$\Delta U = \frac{1200}{77} \cdot 35 = 0,45\%;$$

Падіння напруги для інших зовнішніх ліній беремо аналогічно. Результати рахувань - в табл. 3.5.

Таблиця. 3.5 – Розрахунок падінь напруги ліній живлення

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		





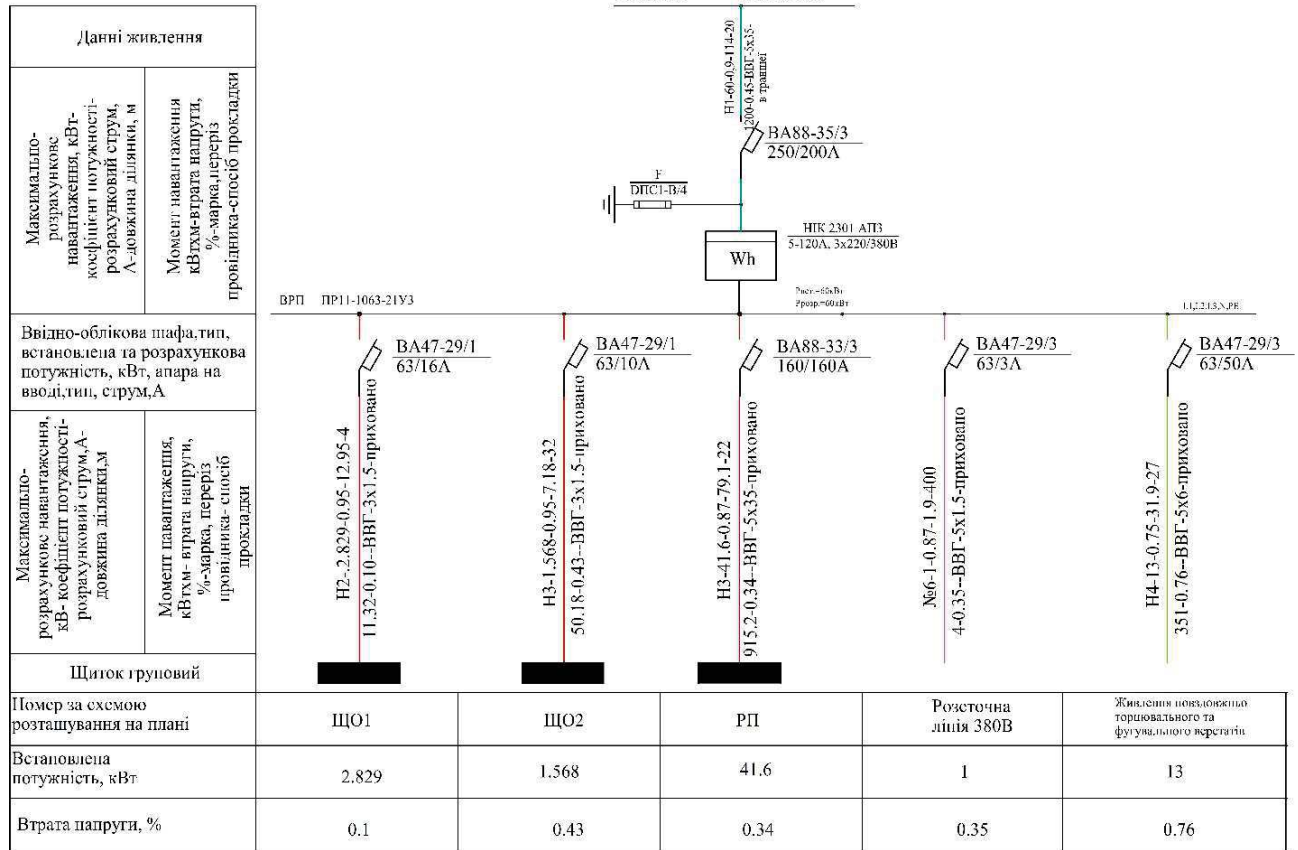


Рисунок. 3.2 – Конструктивна схема виконання розподільчих і живильної мереж

Розподільчий пристрій	Апарат ліній, що відходить (вводу): позначення, тип, I... А, розчіплювач або вставка теплового реле, А	Ділинка мережі 1	Пусковий апарат: позначення, тип, I... А, розчіплювач або плавка вставка, А вставка теплового реле, А	Ділинка мережі 2	Кабель, провід					Труба		Електроприймач																		
					Ділинка мережі	Позначення	Марка	Кількість, число жил і переріз, мм <sup>2</sup>	Довжина, м	Позначення на плані	Довжина	Позначення	Руст. або Рном. кВт	Ірозр. або Іном Іпуск. А	Найменування, тип, позначення, креслення принципової схеми															
ЩО1 ЩН-6/3	ВА47-29/1 63/16				H2	ВВГ	3x1.5	4			H2	2.829	12.95	Лінія від ВРП до ЩО1																
															H1	ШВВП	3x1.5	55.5	H1	1.892	8.66	Лінія освітлення на деревообробний цех								
																							H2	ШВВП	3x1.5	16.3	H2	0.177	0.81	Лінія освітлення в побутовій кімнаті, роз'язгальній та душовій

Рисунок. 3.3 – Конструктивні схеми живлення розподільчої мережі ЩО1

Розподільчий пристрій	Апарат ліній, що відходить (вводу): позначення, тип, I... А, розчіплювач або вставка теплового реле, А	Ділинка мережі 1	Пусковий апарат: позначення, тип, I... А, розчіплювач або плавка вставка, А вставка теплового реле, А	Ділинка мережі 2	Кабель, провід					Труба		Електроприймач		
					Ділинка мережі	Позначення	Марка	Кількість, число жил і переріз, мм <sup>2</sup>	Довжина, м	Позначення на плані	Довжина	Позначення	Руст. або Рном. кВт	Ірозр. або Іном Іпуск. А
ЩО2 ЩН-6/3	ВА47-29/1 63/3				H3	ШВВП	3x1.5	28.5			H3	0.428	1.96	Лінія освітлення заточувального відділення, кімнати майстра, інструментальна, кладова

Рисунок. 3.4 – Конструктивні схеми живлення розподільчої мережі ЩО2

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

Арк.



$$I_{\text{доп}} \geq I_p; \quad (3.22)$$

де:  $I_{\text{доп}}$  - струм допустимий нагрівання;

$I_p$  - розрахункових струм електроспоживача.

Для мережі освітлення - група № 1, номінальний струм:

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{P_{\text{НОМ}}}{U_{\text{НОМ}} \cdot \cos\varphi}; \quad (3.23)$$

$$I_{\text{НОМ}} = \frac{1,892}{0,23 \cdot 0,95} = 8,66 \text{ [A]};$$

Обраховано автоматичний вимикач серії з таких умов:

1)  $I_{\text{ав.н}} \geq I_{\text{НОМ}};$

$64\text{A} \geq 8,66\text{[A]};$

2)  $I_{\text{ел.магн.}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}};$

$4500 \geq 1,25 \cdot 8,66 = 10,825$

3)  $I_T \geq I_{\text{НОМ}};$

$12\text{A} \geq 8,66 \text{ [A]};$

В результаті автоматичний вимикач серії ВА46-29/1 з  $I_{\text{ном}} = 64\text{A}$ ,  $I_{\text{т.р.}} = 12$

А. З додатку 11 [16] маємо провід живлення:

1)  $I_{\text{д.}} \geq I_{\text{НОМ}};$

2)  $I_{\text{д.}} \geq K_{\text{зах}} \cdot I_{\text{т.р.}};$

За умовами:

1)  $26 \text{ A} \geq 8,66 \text{ [A]}$

2)  $26 \text{ A} \geq 1 \cdot 12 = 12 \text{ A.}$

Відповідно ПУЕ для масиву розеток беремо 3-х дротовий провід з мідними жилами перерізом  $2,5 \text{ мм}^2$  - ПВС -  $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$ . Для мережі освітлення згідно ПУЕ беремо 3-х жильний провід перерізом  $2,0 \text{ мм}^2$  - ПВС -  $3 \times 2,0 \text{ мм}^2$ .

На плані спроектовано електрообладнання згідно завдання на проектування та встановлено електричний котел.

$$I_{\text{НОМ.}} = \frac{P_{\text{НОМ.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ.}} \cdot \cos\varphi \cdot \eta_{\text{НОМ}}};$$

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



6	Н5 – живлення автоматичної лінії виготовлення брикетів	42	103	ВА 88-32/3 125/125	124	4500	ВВГ-5х35мм <sup>2</sup>	115
7	Н4 – живлення торцювального та фугувального верстатів	13	33	ВА 47-29/3 64/50	50	4500	ВВГ-5х6мм <sup>2</sup>	40

Продовження таблиці 3.7

8	Н7 – живлення компенсуючого приладу	0,5	1,07	ВА 47-29/3 63/2	10	4500	ВВГ-5х1,5мм <sup>2</sup>	14
---	-------------------------------------	-----	------	--------------------	----	------	--------------------------	----

9	Лінія освітлення № 3	0,428	1,98	ВА 47-29/1 63/3	3	4500	ПВС - 3х1,5 мм <sup>2</sup>	27
10	Лінія освітлення № 1	1,892	8,84	ВА 47-29/1 63/13	13	4500	ПВС - 5х1,5 мм <sup>2</sup>	Лінія освітлення № 1
11	Лінія освітлення № 2	0,177	0,82	ВА 47-29/1 63/2	2	4500	ПВС - 3х1,5 мм <sup>2</sup>	27
12	Розеточна лінія 220 В № 5	0,76	3,48	ВА 47-29/1 63/5	5	4500	ПВС - 3х2,5 мм <sup>2</sup>	38
13	Розеточна лінія 220 В № 4	1,140	5,22	ВА 47-29/1 63/8	8	4500	ПВС - 3х2,5 мм <sup>2</sup>	38
14	Розеточна лінія 380 В № 6	1	1,9	ВА 47-29/3 63/3	3	4500	ВВГ-5х1,5мм <sup>2</sup>	14

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

БРМА 25 00 00 000 ПЗ

Арк.

### 3.5 Струми короткого замикання

Занулення – металевий зв’язок захисних частин електроустановки з джерелом живлення – повинно бути виконано в мережах до 2,5 кВ з глухозаземленою нейтраллю. При пошкодженні ізоляції в установці з глухозаземленою нейтраллю, то має бути формула струму короткого замикання:

$$I_{\text{к}} = \frac{U_{\text{ф}}}{Z_{\text{п}} + Z_{\text{т}}}; \quad (3.24)$$

де:  $U_{\text{ф}}$  - фазна напруга мережі;

$Z_{\text{п}} = \sqrt{R_{\text{п}}^2 + X_{\text{п}}^2}$  - повний опір петлі нульовий провідник – фаза.

В досить віддаленій точці мережі на принциповій схемі живильної та розподільчої мереж маємо перевірити умову відключення автоматичного вимикача при однофазному замиканні. Переходимо до лінії освітлення № 1, яка заживлено проводом ПВС - 3x1,5 мм<sup>2</sup> і під захистом автоматичн. вимикача ВА 48-3129/1.

Рахуємо повний опір петлі фаза - нуль:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{оп}} \cdot L; \quad (3.25)$$

де:  $Z_{\text{оп}}$  - повний питомий опір електричного кабелю;

$L$  - довжина кабельної лінії мережі.

$$Z_{\text{п}} = 14,83 \cdot 0,02 = 0,27 \text{ [Ом]}.$$

Струм короткого замикання має бути:

$$I_{\text{к}} = \frac{380}{0,38} = 1281,19 \text{ [А]};$$

Згідно умови спрацювання автоматичного вимикача:

$$I_{\text{к.з.}} \geq 3 \cdot I_{\text{т.р.}}; \quad (3.26)$$

$$1281,19 \geq 3 \cdot 160 = 480 \text{ [А]}.$$

Умова дотримана повністю.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



глухо заземленою нейтраллю генератора або обладнання в мережах трифазного струму або з глухо заземленою точкою джерела в мережах постійного струму.

Під час збою ізоляції (замиканні фази на корпус) має бути однофазне коротке замикання. Струм короткого замикання, що діє по петлі фаза-нуль, повинен привести до факту миттєвого відключення ділянки, яка пошкодилася. Задачею занулення є дія найменшого опору на шляху проходження струму однофазного короткого збою та створенню надійного відключення автоматичних вимикачів.

Пристрій має структуру із заземлювачів та заземлювальних провідників. В якості типових заземлювачів використовують природні заземлювачі: прокладені в землі металеві водопровідні труби, труби артезіанських скважин, сталеві броні і оболонки з свинцю силових кабелів, що прокладені в землі, металеві конструкції башт і будинків, які мають надійний контакт в землі, трубопроводи, що прокладені в землі. Під заборною використання природних заземлювачів трубопроводи горючих рідин, газів, алюмінієві кабелі, що прокладені в блоках, каналах та тунелях. Опір розтікання струму таких заземлювачів визначається шляхом замірів. Якщо опору певних природних заземлювачів замало, то застосовують штучні заземлювачі. Матеріал заземлювачів і заземлювальних провідників, краще має бути електрохімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних контактних сполучень.

Приклад, в місці пристрою заземлення садова земля, вимірний питомий опір в липні був  $0,5 \cdot 10^4$  Ом·см. Розрахунковий питомий опір:

$$\rho = \rho_{\text{вим.}} \cdot \Psi_2; \quad (3.27)$$

$$\rho = 0,5 \cdot 10^4 \cdot 1,36 = 0,544 \cdot 10^4 \text{ [Ом·см];}$$

Часто приймаємо пруткові заземлювачі перерізом 16мм. Визначаємо опір заземлювача:

$$R_{\text{о.пр.}} = 0,00228 \cdot \rho; \quad (3.28)$$

$$R_{\text{о.пр.}} = 0,00228 \cdot 0,545 \cdot 10^4 = 12,2 \text{ [Ом];}$$

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Маємо дане розміщення заземлювачів в ряд з черговою відстанню 2,5 м і довжиною заземлювача 2,5 м, тоді з додатку 24  $\eta = 0,69$ .

Отже кількість заземлювачів, приймаючи, що опір заземлення - не більше 4 Ом:

$$n = \frac{R_{0.пр.}}{\eta \cdot R_z}; \quad (3.29)$$

$$n = 12,3 / 0,68 \cdot 4 = 4,4 \approx 5 \text{ шт.}$$

Реальна довжина вертикальних заземлювачів  $5 \times 2,5 = 12,5$  м, гориз.заземлювачів  $4 \times 2,5 = 10$  м.

Перевірка в результаті:

$$R_z \leq 4 \text{ Ом};$$

$$R_z = \frac{12,3}{5 \cdot 0,68} = 3,6 \text{ [Ом]}.$$

### 3.7 Висновки до третього розділу

Були здійснені розрахунки та вибір обладнання для електропостачання: приклади розрахунку освітлення, розрахунку навантажень на мережу, вибір пристрою компенсації, розробку принципової схеми живильних, розподільчих мереж, вибір кабелів, захисних апаратів, перевірка захисного заземлення, розрахунок струмів короткого замикання.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Виконано огляд електрообладнання та промислових верстатів та електрообладнання, які залучені для виробництва в промисловому цеху. Описані способи укладки кабельних ліній . Розглянуто метод впливу на реактивну потужність мережі, пристрої комутації, принцип дії, застосування. Комутаційні пристрої (автомати, роз'єднувачі, магнітні пускачі та реле, автомати введення резерву), які безпосередньо мають монтуватись в шафи ВРП, РП та ЩО, мають надійно працювати для енергоефективної роботи промислового обладнання.

На основі аналізу літературних технічних джерел розроблені схеми електропостачання промислового цеху, прийнято обгрунтоване проєктне рішення з схеми живлення .

Було виконано проєктування зовнішнього електропостачання головного цеху. Зроблено план розташування електрообладнання, розподільчих шаф, прокладання і монтажу електричних мереж. Спроєктовано і виконано блискавкозахист пилорами промислового цеху та заземлюючий пристрій. Спроєктовано схему обліку електроенергії.

В проєкті заплановано вісім приміщень, де розміщені чотири розподільчі шафи. Спосіб прокладання ввідного електричного кабелю обрано підземним методом, щоб уникнути обриву кабелів стрілами навантажувачів.

Були здійснені розрахунки та вибір обладнання для електропостачання: приклади розрахунку освітлення, розрахунку навантажень на мережу, вибір пристрою компенсації, розробку принципової схеми живильних, розподільчих мереж, вибір кабелів, захисних апаратів, перевірка захисного заземлення, розрахунок струмів короткого замикання.

В результаті виконання даної кваліфікаційної роботи розроблено план електропостачання деревообробного промислового цеху з урахуванням всіх нюансів виробництва. Розраховано БСК яке буде генерувати реактивну

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

потужність, та підбрано всю захисну та комутаційну апаратуру для розподільчих шаф.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вимоги прокладання кабельної лінії в траншеї [Електронний ресурс]  
Режим доступу: <https://euopan.ua/news/cabling/>
2. Методи прокладання кабельної лінії [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <https://vse-e.com/ua/novosti/vozdushnyi-i-podzemnyi-vvod-kabelia-v-dom-kakoi-luchshe>.
3. Автоматична промислова поточна лінія виготовлення брикетів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://euomag.biz/ua/p1107870053-liniya-briketirovaniya-dlya.html>
4. Прокладання електрокабелів в приміщенні [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <https://polo-elektro.com.ua/ua/a369320-osnovnye-pravila-montazha.html>.
5. Регулятор реактивної потужності PFC [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <https://electrocontrol.com.ua/ua/regulatory/regulyator-reaktivnoimoshnosti-1-faznyi-pfc-6-rs-eti-4656905>.
6. Апарати захисту електроустаткування [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://elektrikua.com.ua/ua/zashchita-elektroseti?srsItd=AfmBOorms5msIbKodVaS69sYbKh\\_vYQ6a55xWGOXtQy00XwHc\\_Rp3hNb](https://elektrikua.com.ua/ua/zashchita-elektroseti?srsItd=AfmBOorms5msIbKodVaS69sYbKh_vYQ6a55xWGOXtQy00XwHc_Rp3hNb)
7. Рекомендації до проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення / Бучинський Ю.О. 2019 – 61с.
8. Електричний роз'єднувач ПВР 630А [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <https://001.com.ua/uk/zapobizhnyk-vymykach-rozyednuvach-pvr-630-a-3-polyusnyy-iek>
9. Магнітний пускач ПМ 2-25-10 [Електронний ресурс].  
Режим доступу: <https://001.com.ua/uk/zapobizhnyk-vymykach-rozyednuvach-pvr-630-a-3-polyusnyy-iek>
10. Аналіз ринку магнітних пускачів в Україні [Електронний ресурс]  
Режим доступу: <https://amperok.com.ua/nyzkovoltna-produkc>

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

11. Комутаційне обладнання та механізми управління [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://vent-a.com.ua/c423-ua/komutacijne-obladnannya-ta-mehanizmi-upravlinnya/>
12. Пожежна безпека. Нормативні акти, протипожежні вимоги в галузі проектування та будівництва. Київ: Пожежінформтехніка, 2001. – 528 с.
13. Бучинський Ю.О. Методичні рекомендації до курсового проектування та дипломного проектування. Новоград-Волинський: НВПЕТ, 2019.– 83 с
14. Маркування пускачів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://studfile.net/preview/9196007/page:2/>
15. Вибір і будова автоматичного вимикача [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://www.xn--80adkwwgjkjn3h.com.ua/article/vubir\\_avtomata](https://www.xn--80adkwwgjkjn3h.com.ua/article/vubir_avtomata).
16. Рекомендації до проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення / Бучинський Ю.О. 2019 – 74с.
17. Огляд ринку світлодіодних світильників [Електронний ресурс]. Режим доступу: [https://evrosvet.com.ua/ua/?utm\\_source=google&utm\\_medium](https://evrosvet.com.ua/ua/?utm_source=google&utm_medium)
18. Мазепа С.С. та ін.. Електрообладнання промислових підприємств. Л.: Магнолія плюс, 2004. – 330 с.
19. Каталог електротехнічних виробів фірми ІЕК, 2022. – 412 с.

					БРМА 25 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		