

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Розробка електропостачання деревообробного цеху

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

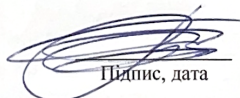
Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент
4 курсу група ЕТзс-20-2


Підпис

Сидорчук Д.В.
Ініціали, прізвище

Керівник


Підпис, дата

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

Нормоконтролер


Підпис, дата

Пилипчук С.І.
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри МАЕЕС


Підпис, дата

д.т.н., проф. Поліщук О.С.
Ініціали, прізвище

17 06 2024 р.

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


11.06.2024

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Сидорчук Дмитро Володимирович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка електропостачання деревобробного цеху
керівник роботи Тимошук О.Г., к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру _____
3. Вихідні дані до роботи енергетичні характеристики силового обладнання та мережі

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Огляд електрообладнання, та методів електропостачання та електромонтажу.

2. Проектування електропостачання деревобробного цеху.

3. Розрахунок освітлення, живлення електроустановок, надійності провідників та компенсації.

Висновки Перелік джерел посилань.

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

1. Прокладка кабельної лінії цеху по переробці деревини. (ДО, А1). 2 План розташування електрообладнання і прокладання електричних мереж (С1, А1). 3. Схема живильних та розподільчих мереж (ЕЗ, А1). 4. Проектування блискавкозахисту (С1, А1). 5. Схема обліку електроенергії (Е1, А1).

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

АНОТАЦІЯ

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

1. Прізвище, ім'я та по батькові Сидорчук Дмитро Володимирович
2. Тема бакалаврської роботи
Розробка електропостачання деревообробного цеху
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента _____

4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 62

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 _____

" 14 " 06 2024 р.

РІШЕННЯ ЕК:

Протокол №2 від "26" 06 2024 р.

Оцінка проекту ЕК добре / С

Рекомендації ЕК _____

Особливі відмітки _____

Технічний секретар _____

" 26 " 06 2024 р.

ВСТУП

Деревообробна промисловість відіграє важливу роль у сучасній економіці. Вона забезпечує виробництво пиломатеріалів, меблів, інших виробів з дерева, які широко використовуються в будівництві, меблевій промисловості, побуті.

Ефективність роботи деревообробного цеху значною мірою залежить від рівня його електрифікації. Сучасне деревообробне обладнання має високий рівень електронасиченості, тому для його безперебійної роботи необхідна наявність потужної та надійної електричної мережі.

Електрообладнання деревообробних цехів - це комплекс електроустановок, які забезпечують прийом, розподіл та перетворення електричної енергії, необхідної для роботи деревообробних машин та механізмів.

До складу електрообладнання деревообробних цехів входять:

- Ввідні пристрої - призначені для прийому електричної енергії від зовнішньої мережі та її захисту від перевантажень, коротких замикань та інших несправностей.
- Розподільні пристрої - призначені для розподілу електричної енергії по цеху та її захисту від перевантажень, коротких замикань та інших несправностей.
- Електроприводи - призначені для перетворення електричної енергії в механічну енергію, яка використовується для приводу деревообробних машин та механізмів.
- Апаратура керування та захисту - призначена для керування роботою деревообробних машин та механізмів, а також для їх захисту від перевантажень, коротких замикань та інших несправностей.
- Освітлювальні прилади - призначені для освітлення робочих місць та приміщень деревообробного цеху.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 ОГЛЯД ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДІВ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРОМОНТАЖУ

1.1 Огляд верстатів які використовуються в деревообробному виробництві

Деревообробне обладнання поділяється на декілька категорій за різними критеріями, що дозволяє чітко окреслити його функціональні можливості та сферу застосування.

Основна класифікація верстатів:

– Пиляльне обладнання ,що призначене для розпилювання деревини на пиломатеріали, заготовки та інші деталі.

– Строгальне обладнання ,що призначене для обробки площинних поверхонь деревини, надання їм потрібної товщини та гладкості.

– Фрезерне обладнання ,що призначене для обробки фігурних поверхонь деревини, виготовлення пазів, шипів, виїмок та інших елементів.

– Свердлильне обладнання ,що призначене для свердління отворів у деревині.

– Шліфувальне обладнання ,що призначене для шліфування та полірування поверхонь деревини.

– З'єднувальне обладнання ,що призначене для з'єднання деталей з деревини різними способами (склеювання, шипування, нагелювання тощо).

– Обробне обладнання ,що призначене для обробки країв та кромки деталей з деревини (обрізка, фрезерування, фаска, заокруглення тощо).

– Спеціальне обладнання ,що призначене для виконання специфічних робіт з деревиною (наприклад, виготовлення паркету, фанери, столярних виробів тощо).

Деревообробні верстати можуть бути як професійними, так і побутовими. Професійні верстати, як правило, більш потужні, точні та надійні, ніж побутові. Вони використовуються на меблевих фабриках, у столярних майстернях та інших виробничих підприємствах. Побутові верстати менш потужні та дорожчі, але вони цілком підходять для домашнього використання.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Поздовжньо торцювальний верстат, також відомий як торцювальний верстат, торцювальна пилка або розкроювальний верстат, є незамінним інструментом у столярній майстерні. Він використовується для точного та ефективного розпилювання деревини вздовж волокон, забезпечуючи ідеально рівні та гладкі кромки.

Серцем поздовжньо торцювального верстата є пильний диск, який обертається з високою швидкістю. Заготовка фіксується на робочому столі за допомогою затискачів або інших пристроїв, а потім подається на пильний диск за допомогою ручного механізму або автоматичної каретки.

Головними перевагами цього верстату є такі характеристики точність яка забезпечує високу точність обробки завдяки жорсткій конструкції та точному калібруванню напрямних. Це робить їх ідеальними для виготовлення деталей, які потребують високої точності розмірів і геометрії.

Універсальність яка дає змогу використовувати ці верстати для виконання широкого спектру операцій, таких як:

- Розпилювання заготовок на коротші відрізки.
- Обробка торців заготовок для отримання перпендикулярної площини.
- Вирівнювання поверхонь заготовок.
- Зняття шару деревини з поверхні заготовки.
- Створення шипів і пазів для з'єднання деталей.

Продуктивність цих верстатів дає змогу обробляти великі заготовки з високою швидкістю, що робить їх ідеальними для серійного виробництва.

Ці верстати оснащені захисними кожухами та іншими пристосуваннями, які забезпечують безпеку оператора під час роботи.

Поздовжньо-торцювальні верстати відносно прості у використанні, що робить їх доступними як для досвідчених столярів, так і для початківців.

Загальний вигляд поздовжньо – торцювального верстату приведено на рис.

1.1

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд поздовжньо – торцювального верстату

Фугувальний верстат, також відомий як фуганок, є столярним інструментом, призначеним для стругання та вирівнювання дерев'яних заготовок. Він використовується для видалення нерівностей, виступів, хвилястості та інших дефектів, створюючи ідеально рівну та гладку поверхню.

Серцем фугувального верстата є фугувальний барабан, який обертається з високою швидкістю. Заготовка подається на фугувальний барабан за допомогою ручного механізму або автоматичної каретки, знімаючи з її поверхні тонкий шар деревини.

Фугувальні верстати забезпечують високу точність вирівнювання завдяки жорсткій конструкції, точному калібруванню напрямних та гострому ножовому валу. Це робить їх ідеальними для виготовлення деталей, які потребують високої точності розмірів і геометрії.

Фугувальний верстат може зняти значний шар деревини за один прохід, що значно економить час та зусилля порівняно з ручним вирівнюванням.

Більшість фугувальних верстатів також можуть використовуватися для стругання (зняття шару деревини з поверхні) та зняття фасок. Це робить їх

універсальним інструментом, який можна використовувати для виконання різних завдань.

Фугувальний верстат забезпечує гладку та рівну поверхню, яка неможлива для досягнення при ручному вирівнюванні. Це робить ваші вироби більш професійними та естетично привабливими. Сучасні фугувальні верстати оснащені захисними кожухами та іншими пристосуваннями, які забезпечують безпеку оператора під час роботи. Фугувальні верстати відносно прості у використанні, що робить їх доступними як для досвідчених столярів, так і для початківців.

Загальний вигляд фугувального верстату приведено на рис. 1.2



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд фугувального верстату

Заточувальний верстат, також відомий як точильний верстат, є столярним інструментом, призначеним для заточування ріжучих інструментів, таких як свердла, ножі, долота, рубанки, стамески та інші. Він використовує обертовий

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

абразивний круг або шліфувальну стрічку для видалення з інструменту задирок, нерівностей та інших дефектів, роблячи його кромку гострою та ефективною.

Заготовка фіксується в спеціальному затискачі або тримачі на робочому столі верстата. Потім абразивний круг або шліфувальна стрічка приводиться в обертання і підводиться до заточуваної кромки інструменту під певним кутом. Завдяки тертю абразиву про метал, з інструменту знімається тонкий шар матеріалу, роблячи його кромку гострою.

Заточні верстати дозволяють швидко та легко заточувати різні ріжучі інструменти, такі як ножі, свердла, сокири, лопати та багато іншого. Це значно економить час та зусилля порівняно з ручним заточуванням.

Завдяки жорсткій конструкції, точним направляючим та гострим абразивним кругам, заточувальні верстати забезпечують високу точність та якість заточування інструментів. Це гарантує, що ваші інструменти будуть гострими, довговічними та ефективними у роботі.

Більшість заточувальних верстатів можуть заточувати широкий спектр інструментів завдяки різним насадкам та пристосуванням. Це робить їх універсальним інструментом, який можна використовувати для виконання різних завдань.

Сучасні заточувальні верстати оснащені захисними кожухами та іншими пристосуваннями, які забезпечують безпеку оператора під час роботи.

Заточні верстати виготовляються з якісних матеріалів та компонентів, що гарантує їх довговічність та надійність.

Заточні верстати відносно прості у використанні, що робить їх доступними як для досвідчених майстрів, так і для початківців.

Регулярне заточування інструментів на заточувальному верстаті допоможе вам продовжити термін їх служби та заощадити гроші на купівлі нових.

Гострі інструменти дозволяють працювати швидше, ефективніше та з меншою втомою.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Гострі інструменти менш схильні до зісковзування та травмування оператора. Гострі інструменти не тільки краще працюють, але й виглядають більш привабливо.

Загальний вигляд заточувального верстату приведено на рис. 1.3



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд заточувального верстату

Автоматична лінія виготовлення брикетів з тирси - це комплекс машин та обладнання, призначений для безперервного виробництва брикетів з тирси, стружки та інших подрібнених відходів деревини.

Тирса, стружка та інші подрібнені відходи деревини подаються в подрібнювач, де вони подрібнюються до однорідної маси. Це робиться для забезпечення щільності та міцності готових брикетів. Подрібнена маса подається в сушарку, де видаляється зайва волога. Рівень вологості тирси перед брикетуванням зазвичай становить близько 10-12%. Висушена тирса дозується

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

за допомогою спеціального дозатора, який забезпечує подачу необхідної кількості матеріалу в прес. Дозована тирса подається в прес, де під високим тиском (до декількох сотень бар) формується брикет. Готові брикети охолоджуються, щоб вони затверділи і зберегли свою форму. Охолоджені брикети можуть упаковуватися в мішки, пакети або інші ємності.

Автоматичні лінії по виготовленню брикетів мають кілька важливих переваг, що роблять їх привабливими для підприємств, які займаються виробництвом паливних брикетів або брикетів для інших цілей. Основні переваги таких ліній включають:

Автоматичні лінії можуть працювати безперервно та з великою швидкістю, забезпечуючи високий рівень продуктивності. Це дозволяє виготовляти значні обсяги продукції за короткий час.

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

Автоматичні системи забезпечують стабільну та однорідну якість брикетів, оскільки всі операції виконуються з однаковими параметрами та точністю.

Автоматичні лінії дозволяють максимально ефективно використовувати сировину, зменшуючи відходи та втрати матеріалу.

Сучасні автоматичні лінії часто оснащені енергоефективними технологіями, що дозволяє знизити витрати на енергію та зробити виробництво більш економічним.

Зменшення витрат на обслуговування: Автоматичні лінії зазвичай потребують менше технічного обслуговування порівняно з ручними чи напівавтоматичними системами, оскільки вони проєктовані для довготривалої роботи з мінімальними втручаннями.

Гнучкість у налаштуваннях: Сучасні автоматичні лінії можуть бути налаштовані для виготовлення брикетів різних розмірів та форм, що дозволяє виробникам швидко адаптуватися до потреб ринку або замовлень клієнтів.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Покращення безпеки праці: Автоматизація зменшує ризики, пов'язані з роботою на виробництві, оскільки знижує кількість небезпечних операцій, які виконуються вручну

Загальний вигляд брикетного пресу приведено на рис. 1.4



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд брикетного пресу

1.2 Методи прокладання електричних мереж.

Прокладання кабелів під землею є одним з найнадійніших способів монтажу мереж передачі електроенергії. Проте в той же час є одним з найбільш тяжких, вимагає суворого дотримання спеціальних технологій та нормованих відстаней і рахується одним з найбільш складних способів прокладання електромагістралей.

Даний спосіб використовується як професійними електриками для прокладання кабельних ліній з різними видами напруги, так і власниками цивільних

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

домогосподарств для підключення будинків і господарських будівель в приватному секторі.

Порівнюючи з іншими способами монтажу, прокладання кабелю в траншеях вважається найбільш економічнішим, оскільки передбачає разові витрати і практично не вимагає догляду. Є надійною та довговічною ; запобігає випадковому пошкодженню кабелю та ураженню людей електричним струмом; забезпечує умови для кращого охолодження кабелів, завдяки чому вони можуть проводити більшу потужність та забезпечує красивий вигляд навколишнього середовища, не створюючи кишки з дротів на головою.

Підземна прокладка кабелів здійснюється як за допомогою механізмів, так і ручним способом, вимагає проведення великого обсягу робіт і прокладається строго по правилами зазначеними на рисунку 1.5

Підземне прокладання кабельних ліній має низку переваг, таких як зменшення ризику пошкоджень від погодних умов і вандалізму, а також естетичний вигляд, однак існують і значні мінуси цього методу. Основні недоліки включають:

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

Процес прокладання кабелів під землею є складнішим та тривалішим порівняно з повітряним прокладанням. Потрібно враховувати багато факторів, таких як тип ґрунту, наявність підземних комунікацій і навколишнє середовище.

Виявлення та усунення несправностей у підземних кабельних лініях є складнішим і дорожчим. Для цього може знадобитися розкопування, що збільшує час простою та витрати на ремонт.

У разі аварії чи пошкодження доступ до підземних кабелів є обмеженим, що ускладнює проведення діагностики та ремонту.

Земляні роботи для прокладання підземних кабелів можуть негативно впливати на екосистему та довкілля, особливо у випадках прокладання через природоохоронні території або зони з високим рівнем підземних вод.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Хоча підземні кабелі захищені від погодних умов, процес їх прокладання та ремонту може залежати від погодних умов. Наприклад, у випадку сильних дощів або заморозків земляні роботи можуть бути ускладнені або взагалі неможливі.

Підземні кабелі можуть бути пошкоджені під час інших земляних робіт, таких як будівництво чи ремонт доріг, що може призвести до додаткових витрат та простоїв.

Підземні кабелі можуть стикатися з проблемами теплового навантаження, оскільки ґрунт має меншу здатність розсіювати тепло порівняно з повітрям. Це може вимагати додаткових рішень для охолодження.

Прокладання підземних кабелів може бути регламентоване місцевими законами та нормами, що може ускладнювати та затягувати процес узгодження та отримання необхідних дозволів.

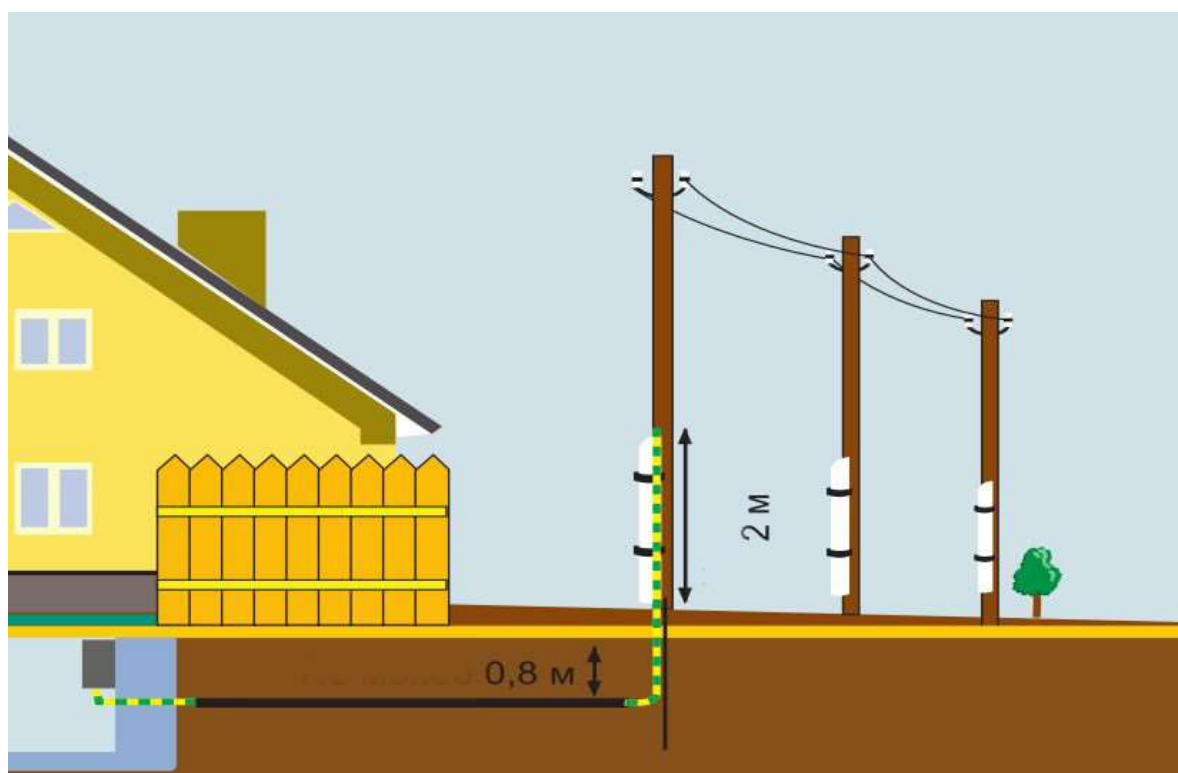


Рисунок 1.5 Способи прокладання підземної кабельної лінії

Повітряна кабельна лінія передбачає прокладання провідника по повітрі, коли провідник йде від стовпа до приміщення. На сьогоднішній день цей спосіб

є одним із застарілих, але його часто використовують для облаштування електропостачання приватних будинків. Основна причина популярності цього методу – простота в монтажі та швидкість та економічність . Вже за кілька годин електрики можуть підключити будинок до лінії.

Мінуси прокладки повітряної лінії:

- У процесі транспортування електроенергії дрiт нагрівається. Взимку це може привести до утворення льоду на кабелі. При довгому впливі низьких температур і вологості покриття може наростати, що часто закінчується обривами на лінії.

- Вплив вітру, що є найпопулярнішою причиною обриву кабелю.

Рішенням всіх описаних вище недоліків буде застосування нових сучасних кабелів, надійних та міцних, таких як кабель СП. Самонесучий ізолюваний провід СП для вводу в приміщення має бути перетином не менше 10 квадратних міліметрів. Для його монтажу застосовується спеціальна арматура.

Провід СП використовується для транспортування та роздачі електричного струму в лініях освітлення та силових мережах, де рівень напруги відповідає межах від 0,4 до 1 кВ.

Самонесучий ізолюваний провід задіяний повсюдно в електрифікації приміщень, його використовують там, де необхідно облаштувати надійну та довговічну мережу електропередач, ввести в житлові та нежитлові будинки електрику та інше.

Способи прокладки повітряної лінії зображено на рисунку 1.5

СП - провідник, що складається зі скручених струмоведучих жил в оболонці. У конструкції є фазні жили алюмінієві та нульова жила, що несе. Ізоляція фазних жил виконана із використанням світлостабілізованого поліетилену чорного кольору. Головна перевага такого матеріалу – надійність до руйнівного впливу ультрафіолету. Нульова жила складається із сталевого сердечника, навколо якого обкручений алюмінієвий дрiт.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

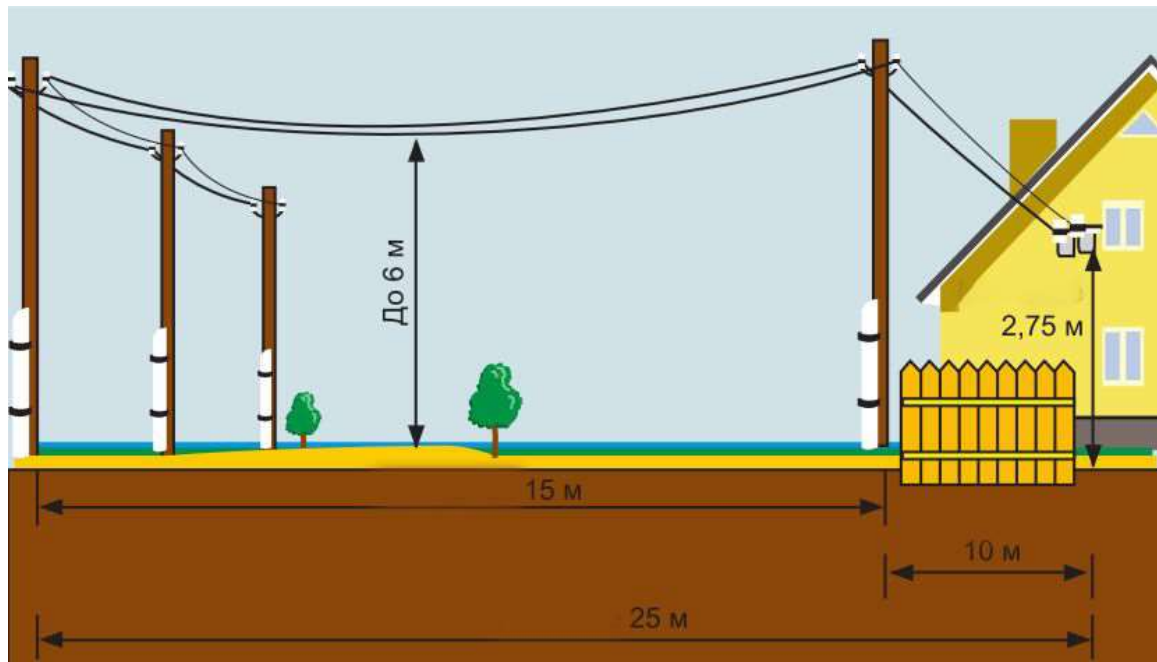


Рисунок 1.6 Способи прокладання повітряної кабельної лінії

Внутрішньостінне прокладання ,кабелі прокладаються всередині стін будівель. Внутрішньостінне прокладання є хорошим способом приховати кабелі, але воно може бути дорогим і трудомістким. Способи прокладки зображенні на рисунку 1.6

Настінне прокладання ,що Кабелі прокладаються по стінах будівель. Настінне прокладання є більш доступним, ніж внутрішньостінне прокладання, і його можна швидше встановити. Однак настінні кабелі можуть бути непривабливими.

Вибір методу прокладання кабельної лінії залежить від кількох факторів, включаючи тип кабелю, що прокладається, відстань, на яку він прокладається, і бюджет проекту.

Внутрішній електромонтаж є важливою частиною будь-якої будівлі, забезпечуючи подачу електроенергії до всіх приміщень. Він має свої переваги та недоліки, які слід враховувати під час проектування та виконання електромонтажних робіт.

Електропроводка всередині будівлі захищена від впливу зовнішніх погодних умов, таких як дощ, сніг, вітер, що підвищує її надійність і довговічність.

Внутрішні електричні системи менш піддаються механічним пошкодженням, вандалізму чи випадковим аваріям.

Електропроводка може бути прихована в стінах, стелях або підлогах, що забезпечує акуратний і чистий вигляд приміщень.

Внутрішній монтаж дозволяє легше інтегрувати електричні компоненти в дизайн інтер'єру.

Зручність доступу для обслуговування та модернізації:

Це спрощує обслуговування, діагностику та ремонт електричних систем.

Внутрішній монтаж спрощує додавання нових електроприладів чи оновлення існуючих систем.

Внутрішні системи, як правило, мають менші відстані передачі, що зменшує втрати електроенергії на опір проводів.

Вартість матеріалів (кабелі, труби, розетки, вимикачі) та робіт може бути високою, особливо у випадку складних проектів.

Монтаж вимагає участі досвідчених електриків, що може збільшити витрати на робочу силу.

У випадку виникнення несправностей, доступ до проводки, прихованої в стінах чи підлогах, може бути складним і вимагати руйнівних методів ремонту (розкриття стін, підлог).

Ремонтні роботи можуть бути трудомісткими і дорогими через необхідність демонтажу та відновлення частин будівлі.

Неналежно встановлені або пошкоджені електричні системи можуть стати причиною пожежі. Необхідність суворого дотримання стандартів безпеки є критичною.

Необхідність дотримання місцевих будівельних норм та стандартів електробезпеки може ускладнювати проектування та монтаж електричних систем.

Необхідність отримання дозволів та ведення відповідної документації може займати додатковий час та ресурси.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

загальний стан електромережі. Покращення коефіцієнта потужності ($\cos \varphi$).
Приклад даної системи зображено на рисунку 1.7

Зменшення втрат енергії: Високий рівень реактивної потужності знижує коефіцієнт потужності, що призводить до збільшення втрат в електромережі. Компенсація реактивної потужності підвищує коефіцієнт потужності, що зменшує втрати енергії в проводах і трансформаторах.

Оптимальне використання обладнання: Компенсація дозволяє зменшити навантаження на електричні мережі та обладнання, що збільшує їх пропускну здатність і ефективність роботи.

Зменшення штрафів за низький коефіцієнт потужності: Багато енергопостачальних компаній стягують додаткові платежі або штрафи за низький коефіцієнт потужності. Компенсація реактивної потужності допомагає уникнути цих додаткових витрат.

Зменшення коливань напруги: Компенсація реактивної потужності допомагає стабілізувати напругу в електромережі, зменшуючи коливання і покращуючи якість електропостачання.

Покращення роботи обладнання: Зниження коливань напруги сприяє стабільній роботі електрообладнання, зменшуючи ризик його виходу з ладу.

Зменшення потреби у збільшенні потужності мережі: Компенсація реактивної потужності дозволяє уникнути необхідності будівництва нових ліній електропередач або підстанцій, оскільки існуючі потужності використовуються більш ефективно.

Окрім компенсації реактивної потужності, ці пристрої допомагають фільтрувати гармонічні спотворення, покращуючи якість електроенергії.

Компенсація реактивної потужності є важливим елементом ефективного управління електричними мережами, що сприяє зменшенню втрат енергії, підвищенню надійності та стабільності системи, а також економії коштів на електроенергію та інфраструктуру.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



1 – регулятор коефіцієнта потужності; 2 – роз'єднувач з плавкими замобіжниками; 3 – автоматичний вимикач ; 4 – магнітні пускачі ; 5 – конденсаторні батареї

Рисунок 1.8 Приклад шафи з компенсуючим приладом

Регулятори реактивної потужності PFC RS призначені для управління батареями косинусного конденсаторів, збільшення коефіцієнта потужності, а також допомагають контролювати напругу, струм, активну та реактивну потужність, коефіцієнти спотворення по напрузі і струму (до 19-ї гармоніки). Регулятори виробляються на 6, 8 і 12 ступенів. Дані мікропроцесорні пристрої відстежують активну і реактивну складову потужності шляхом замірів миттєвих значень напруги і струму в електричній мережі. За допомогою цих вимірювань вираховується фазовий зсув між струмом і напругою, і це значення порівнюється з попередньо заданою величиною $\cos \phi$. В залежності від фактичного відхилення коефіцієнта потужності регулятор PFC подає команду на управління ступенями

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24 00 00 000 ПЗ

Арк.
20

напруги 500 В та 690 В. Здатність до відключення цих запобіжників має значення 160 кА. В порівнянні із ПН2, запобіжники системи NH за однакових номінальних параметрів мають менші габарити та єощаднішими — розсіювана потужність у вставках запобіжників системи NH приблизно на 30...40% менша ніж у вставках ПН2.



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

Рисунок 1.10 - Маркування запобіжника

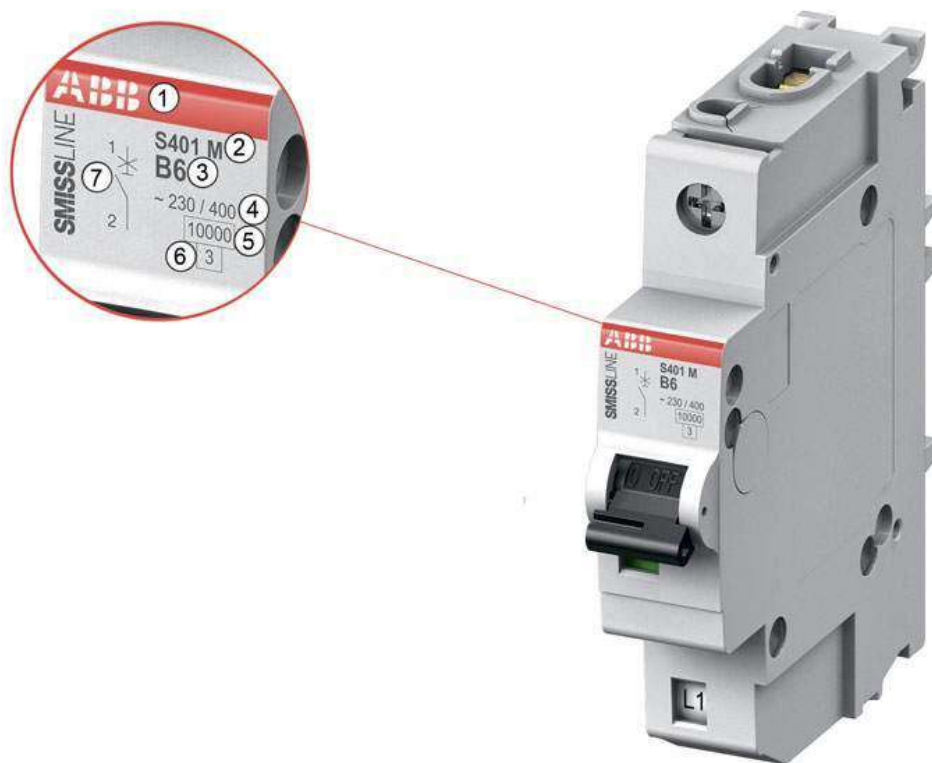
Автоматичні вимикачі використовуються для тих же задач що й запобіжники. Відмінністю від запобіжників є більш складна конструкція. Але при цьому в експлуатації автоматичні вимикачі набагато комфортніше і функціональніше.

Головним параметром у виборі автомата для певної мережі є показник номінального струму, це сумарне значення струму, яке може витримати автомат за певний період часу.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Значення номінальних струмів вказують на межу норми короткого замикання, або допустимий струм короткого замикання (КЗ), при якому буде відключення автомату, розірветься електричний ланцюг і відключить всі підключені прилади, тим самим захистивши їх від перегріву або полумок.

Струмо-тимчасова характеристика, ця характеристика є також особливо важливою під час вибору автомата. При перевищенні номінального струму автоматичний вимикач розриває ланцюг і струм перестає текти по провідниках. Саме від час-струмової характеристики залежить від якого значення струму при короткому замиканні буде спрацьовувати автоматичний вимикач.



1 – виробник; 2 – серія (модель); 3 – характеристика відключення, номінальний струм; 4 – номінальна напруга; 5 – номінальна відключна здатність; 6 – клас струмообмеження; 7 – комутаційна схема:

Рисунок 1.11 — Маркування автоматичного вимикача

Теплове реле — найпоширеніший вид захисту електродвигунів, нагрівального устаткування, силових приладів від перевантаження. Принцип його роботи: нагрівання провідника, що протікає по ньому електричним струмом. Біметалева пластина є основною частиною теплового реле, при нагріванні вона міняє свою форму і роз'єднує контакт. В моменті перевищення допустимого рівня струму з'являється вигинання пластин.

Пристрої, які включають в себе автоматичний вимикач диференціального реле, або дифавтомати, зручніші під час роботи. Саме такі захисні пристрої сприяють знизити габаритність силової шафи, легше монтувати і не вимагають великих затрат при установці.



Рисунок 1.12 – Зовнішній вигляд теплового реле.

У житлових приміщеннях найбільш розповсюдженими вважаються плавкі запобіжники і автоматичні вимикачі. В умовах великих і дрібних виробництв

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

збираються спеціальні шафи релейних захистів. Вони забезпечують стабільну роботу електричних споживачів всіх груп і категорій. Для прикладу, до такого виду захисту можна віднести автоматичне введення резерву (АВР), який складений на базі реле і цифрових блоків. При втраті основного електропостачання дане обладнання надасть резервне електропостачання у потрібній кількості.



Рисунок 1.13 – Зовнішній вигляд магнітного пускача.

1.4 Висновки до першого розділу

В цьому розділі дипломного проекту проведено огляд електричних станків та електрообладнання яке буде заживлено в цеху . Способи прокладки кабельних ліній . Огляд компенсуючої установки , її принцип роботи та робочу схему. Розглядання всіх комутаційних приладів які безпосередньо будуть монтуватись в шафи ЩО , ВРП та РП . А саме: роз'єднувачів , автоматів , плавких ставок запобіжників , реле та магнітних пускачів.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЕВООБРОБНОГО ЦЕХУ

2.1 План зовнішнього електропостачання

В цій частині проекту вказуємо: живлення деревообробного цеху від джерела живлення та показуємо марку, кількість та переріз проводу живлення, заземлення ввідно-розподільчої шафи, висоту будівлі, загальні розміри, назву. План зовнішнього електропостачання викреслюємо на аркуші А4 пояснювальної записки у вибраному масштабі. Виконуємо специфікацію до плану зовнішнього електропостачання форми 7 додатка Ж ДСТУ Б А2.4-4. Креслимо план зовнішнього електропостачання деревообробного цеху рис.2.1.

Таблиця.2.1 - Перелік елементів

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг
	Н1	Самонесучий ізолюваний провід 0,6/1 кВ ГОСТ 12176-89 ВВГ-5х35мм ²	20	
	ВРП	Шафа вводу і обліку ПР11-1063-21У3, IP54	1 шт.	
1		Пристрій заземлення:		
		Вертикальний заземлювач, пруток діаметром 16мм, ГОСТ 2590-71	12,5м	
		Горизонтальний заземлювач, пруток діаметром 12мм, ГОСТ 2590-71	10м	

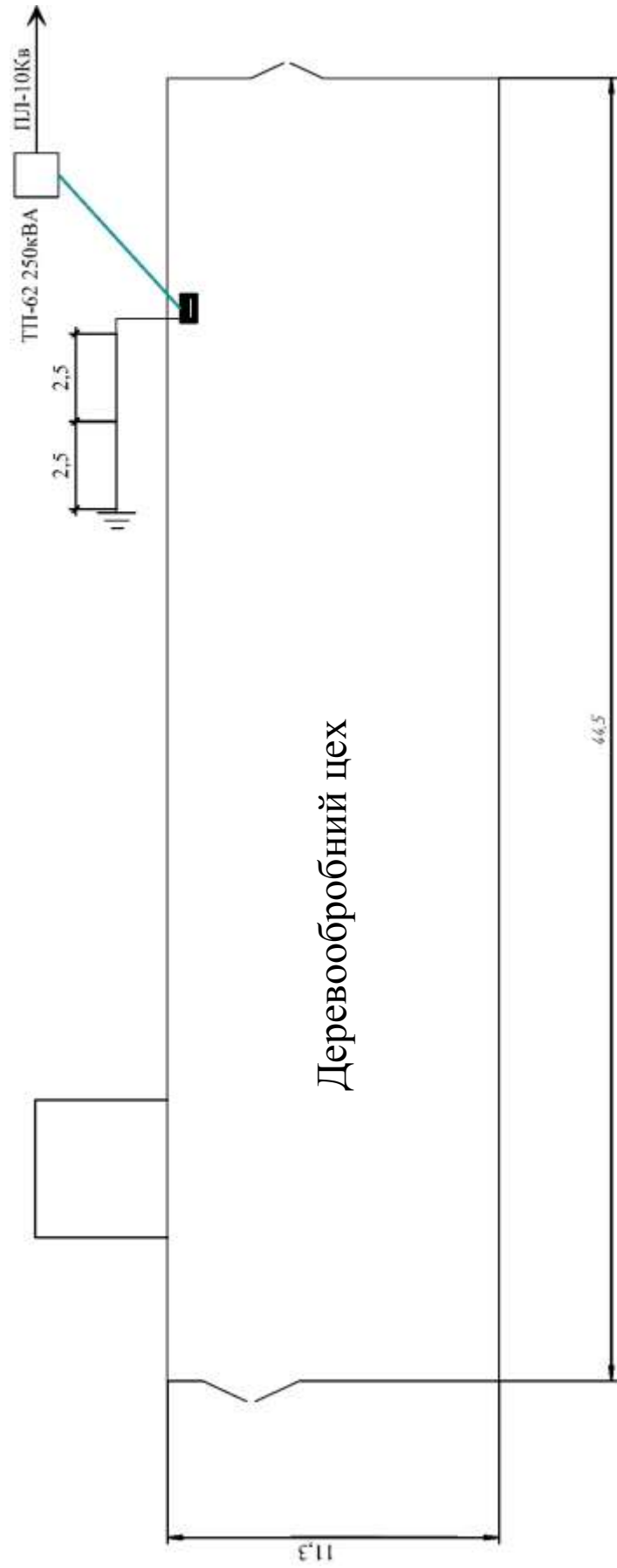


Рисунок - 2.1.1. План зовнішнього електропостачання

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24 00 00 000 ПЗ

Арк.
27

2.2 Планування розташування розподільчих шаф об'єкту проектування

На аркуші А4 креслимо план цехудля обробки деревини, вказуємо розміри приміщень, висоту до стелі та плануємо монтаж розподільчих шаф - рис.2.2.

Враховавши технологічні процеси, вимоги пожежної безпеки та електробезпеки планується змонтувати: ВРП – в середині приміщення торгівельного цеху; ЩО1 – в роздягальні. ЩО2 – в кладовій: РП – в деревобробному цеху. Підключити шафи до електромережі плануємо від ввідно-розподільчого пункту - ВРП. Живлення шаф позначаємо буквами: Н2 - провід живлення ВРП, Н3 - кабель живлення шафи освітлення ЩО1. Н3 - кабель живлення шафи освітлення ЩО2. Н4 - кабель живлення шафи освітлення РП.

На аркуші А4 пояснювальної записки накреслили план цеху для обробки деревини та вказуємо розподільчі шафи - рис.2.2

Таблиця 2.2 - Експлікація приміщень

Номер за планом	Найменування	Площа, м ²
1	Дерево обробний цех	369,135
2	Заточувальне відділення	21,06
3	Кімната майстра	15,12
4	Інструментальна	21,06
5	Кладова	15,66
6	Побутова кімната	18,285
7	Роздягальна	3,63
8	Душова	3,08

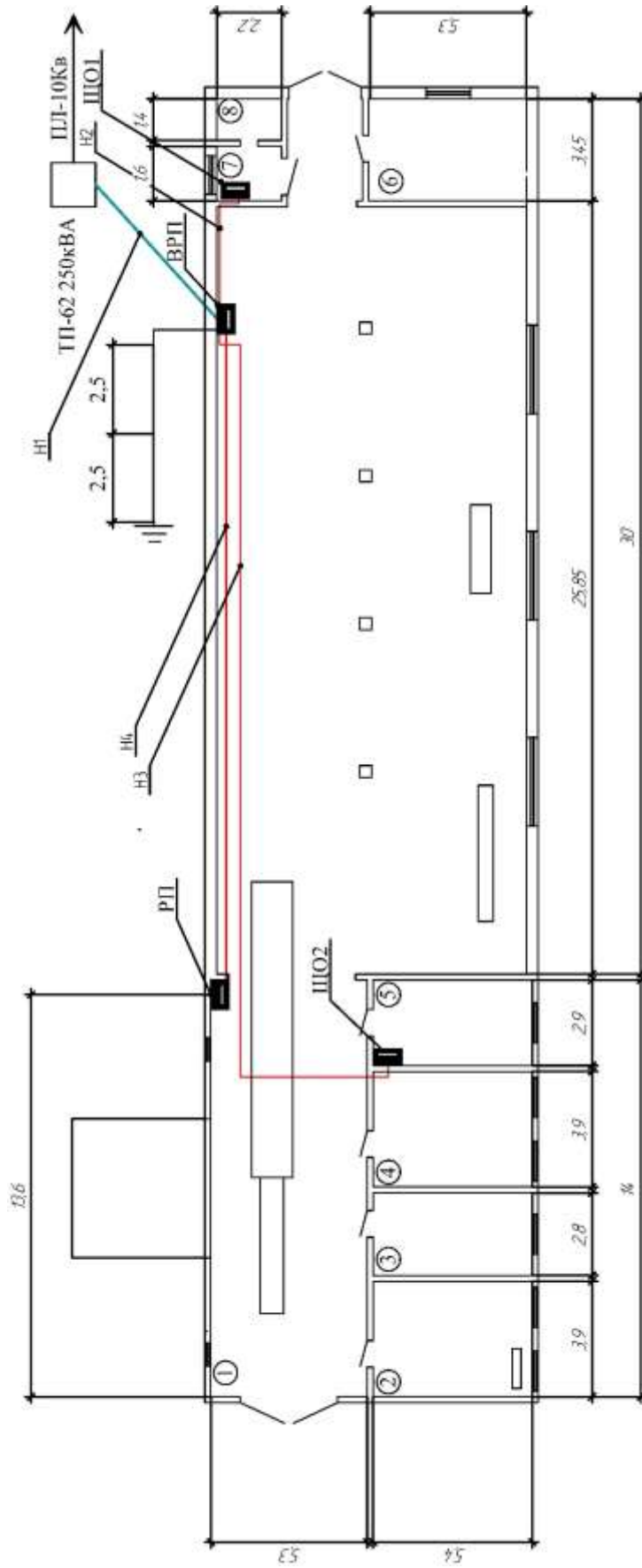


Рисунок - . 2.2 – План розташування розподільчих шаф

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

БРМА 24 00 00 000 ПЗ

Арк.
29

2.3 Проектування планів розташування електрообладнання і прокладання електричних мереж

Розташування електричного обладнання і проведення електромереж показано на аркуші формату А1 - план розташування електричного обладнання і прокладання електричних мереж. На генеральному плані вказуємо встановлення розеток напругою 220 В та 380В, вказуємо місце монтажу світильників, апарати включення мереж освітлення.

Електроспоживачі позначаємо номерами та буквами, вказуємо перерізи проводів та кабелів. На планах А1 також вказуємо відомість установки силового обладнання та дані про групові щитки з автоматичними вимикачами. План розташування електрообладнань і проведення електричних мереж вказуємо на аркуші А4 рис. 2.3.

Таблиця 2.3 - Відомість вузлів установок електрообладнання

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
1		Пристрій заземлення		
	ГОСТ 2590-71	Вертикальний заземлювач , пруток діаметром 16мм. ГОСТ 2590-71	12,5м	
	ГОСТ 2590-71	Горизонтальний заземлювач , пруток діаметром 16мм. ГОСТ 2590-71	10м	
2	5.407- аркуш 16	Установка світильника ЛПО 2x18 , ЛПО 4x58 на стелі	9 шт	
3	5.407- аркуш 16	Установка світильника "Евросвет" 4x18 на стелі	9 шт	
4	5.407- аркуш 16	Установка світильника Люстра 7338а-2 2x6.5 на стелі	2шт	
5	5.407- аркуш 16	Установка світильника Teb electric 1x7 на стіні	3шт	
6	5.407- 83	Установка вимикачів на стіні	11шт	
7	5.407- 83	Установка розеток Schneider на стіні	4шт	
8	5.407- 83	Установка розеток BRAVO (5008) на стіні	3шт	
9	5.407- 83	Установка розеток 380В на стіні	2шт	

Висота стрижня:

$$h_o=0,85 \cdot h \quad (2.3)$$

$$0,85 \cdot 8=6,8 \text{ [м];}$$

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

$$(46-(40,5/46)-20) \cdot 6,8=170,81 \text{ [м];}$$

Радіус кола:

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

$$1,2 \cdot 8=9,6 \text{ [м];}$$

При умові, що $h_x < h_c$ довжина горизонтального перерізу визначається:

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

$$40,5/2=20,25 \text{ [м];}$$

Ширина горизонтального перерізу в центрі між блискавковідводами визначається:

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

$$9,6 \cdot (170,81-5)/170,81=9,32$$

На аркуші А4 викреслюємо конструктивне виконання блискавковідводів.

Важливо, щоб система блискавкозахисту була правильно спроектована та встановлена кваліфікованими фахівцями. Регулярне обслуговування системи блискавкозахисту також є важливим для того, щоб вона працювала належним чином. Встановлення блискавкозахисту на цехах з переробки деревини допоможе захистити людей, майно та довкілля від руйнівних наслідків удару блискавки

.

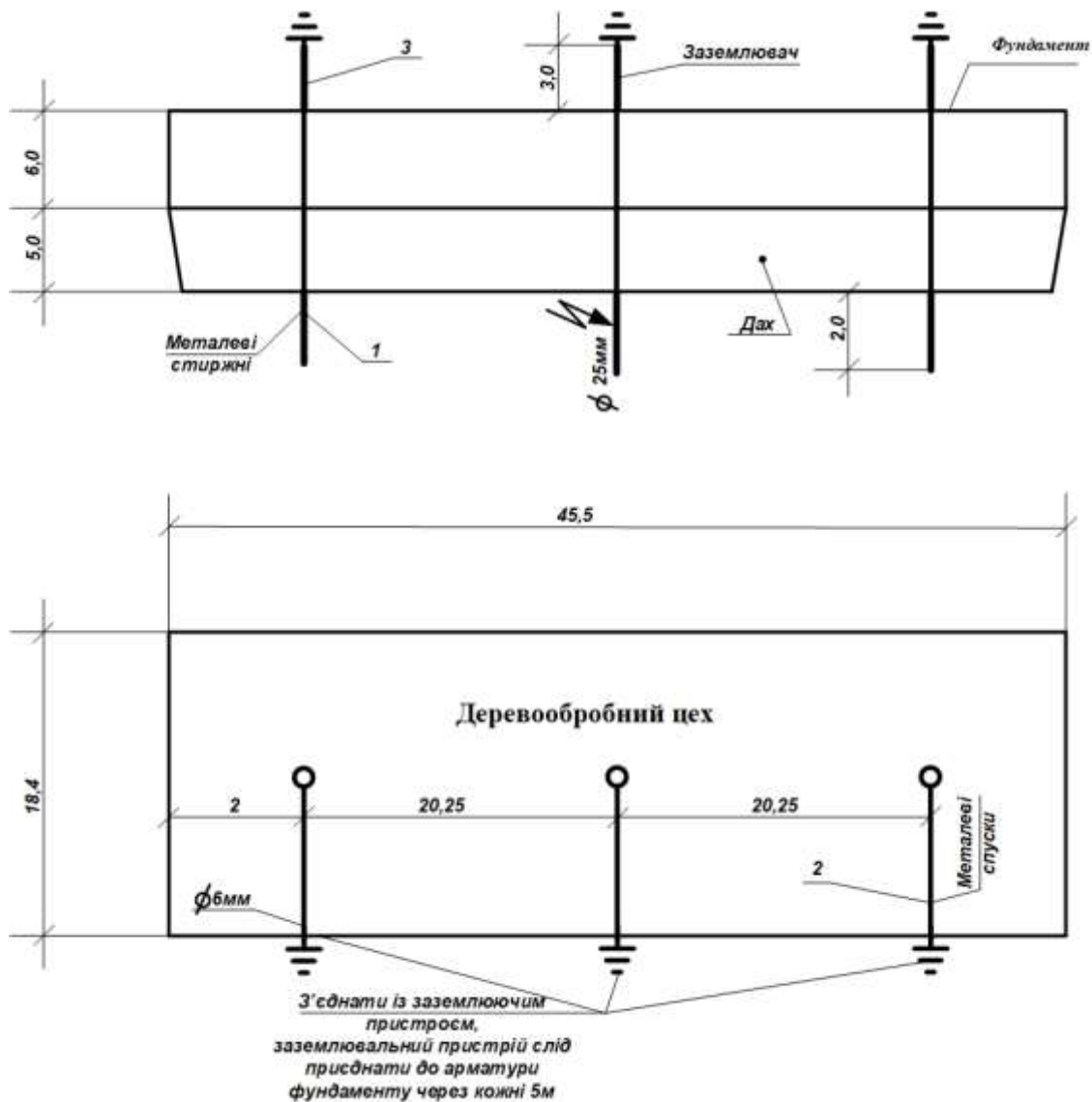


Рис. 2.4 – Конструктивне виконання блискавковідводів

Таблиця 2.5 - Блискавкозахист

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Маса од., кг	Примітка
1		Металеві стиржні:			
		Круг діаметром 25мм ГОСТ 2590-71 ВСт.3 ГОСТ 380-71	6,0м		
2		Сталеві спуски з матеріалу:			
		Круг діаметром 6мм ГОСТ 2590-71 ВСт.3 ГОСТ 380-71	45,0м		
3		Заземлювачі:			
		Круг діаметром 16мм ГОСТ 2590-71 ВСт.3 ГОСТ 380-71	9,0м		

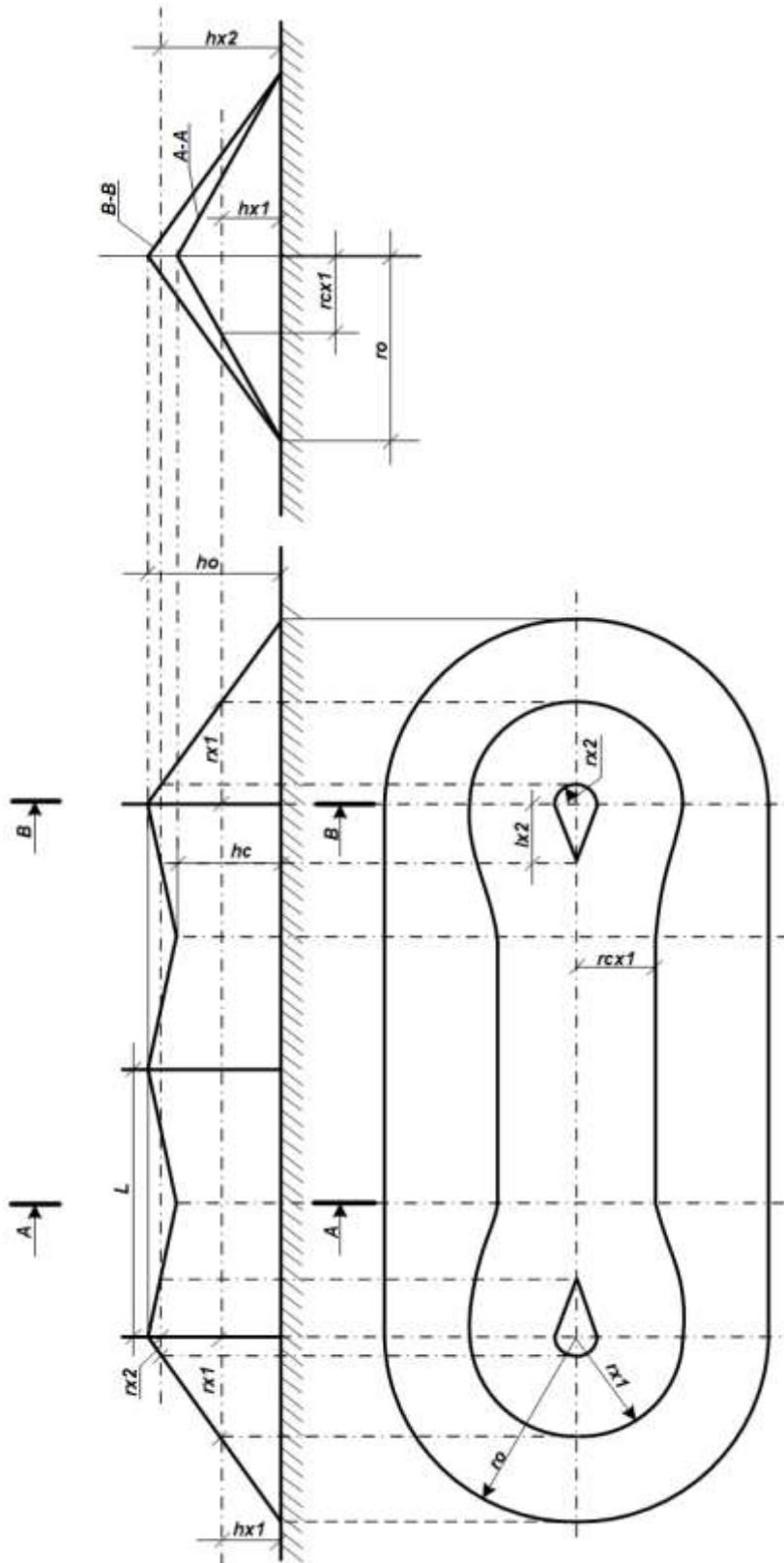


Рис 2.5 – Схема зон захисту блискавковідводів

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

БРМА 24 00 00 000 ПЗ

Арк.
35

2.5 Проектування схеми обліку електроенергії

Розрахунковим обліком електроенергії називається облік виробленої, а також наданої споживачам електроенергії для розрахунку за неї. Лічильники, які встановлюються для розрахункового обліку, називаються розрахунковими лічильниками. Технічним (контрольним) обліком електроенергії називається облік для контролю витраченої електроенергії всередині електростанції, підстанції, підприємств, в будівлях, квартирах, тощо.

Для визначення потрібного лічильника розраховуємо струм деревообробного:

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

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

З додатку 29 Л1. обираємо лічильник трифазний для обліку активної енергії типу НІК 2301 АПЗ, $I_{\text{ном.}}=5-120\text{ А}$, $U_{\text{ном.}}=3 \times 220/380\text{ В}$, класу точності 1.

Схема обліку електроенергії цеху по переробці деревини вказана на аркуші формату А1- на аркуші А4 рис.2.4.



Рисунок 2.6 Зовнішній вигляд лічильника НІК 2301 АП

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2.6 Висновки до другого розділу

В даному розділі дипломного проекту ми виконали проектування зовнішнього електропостачання . Зробили план розташування розподільчих шаф , електрообладнання та прокладання електричних мереж. Спроекували блискавкозахист пилорами та заземлюючу арматуру .Склали схему обліку електроенергії . З даного розділу ми розуміємо що у нас в проекті буде 8 приміщень на яких розташовано чотири розподільчі шафи. Метод прокладання ввідного кабелю вибраний підземним шляхом , щоб уникнути обриву кабелів стрілами навантажувачів. Облік буде вестись трьох фазним лічильником НІК 2301 АПЗ.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3 РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННЯ, ЖИВЛЕННЯ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК, НАДІЙНОСТІ ПРОВІДНИКІВ ТА КОМПЕНСАЦІЇ.

3.1 Розрахунок електричних навантажень освітлювальних та силових мереж

Для освітлення всередині деревообробного цеху використовуємо світильники з люмінесцентними лампами.

Основні вихідні дані на проектування:

Приміщення:

- Довжина, ширина;
- Коефіцієнти відображення стелі, стін та підлоги.

Світильники:

- Коефіцієнт використання світильника;
- Розрахункова висота.

Лампи:

- Тип лампи;
- Потужність.

Норми:

- Нормуюча освітленість.

Допоміжні матеріали:

- таблиця коефіцієнтів використання, Л1. додаток 2;
- таблиця коефіцієнтів відображення, Л1. додаток 3;
- таблиця рівнів освітлення, Л1. додаток 4;
- таблиця рівня світлового потоку, Л1. додаток 5;
- таблиця коефіцієнту запасу освітлення, Л1. додаток 6.

Визначаємо кількість світильників деревообробного цеху.

Визначаємо площу приміщення:

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		39

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

де: S - площа приміщення, м².

a - ширина приміщення.

b - довжина приміщення.

З головного плану визначаємо розміри та площу приміщень, так як приміщення прямокутної форми, то її площа розраховується як добуток сторін приміщення.

Наприклад, визначаємо площу деревообробного:

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

Визначаємо індекс приміщення цеху по переробці деревини:

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

де: φ - індекс приміщення.

h - висота приміщення.

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

Розраховуємо кількість світильників, які потрібні для освітлення цеху по переробці деревини:

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

де: E – нормуюча освітленість горизонтальної площини, лк, Л1. Додаток 4;

K₃ – коефіцієнт запасу освітленості, Л1. додаток 6;

U – коефіцієнт використання освітлювальної установки, Л1. додаток 2;

Φ_л – світловий потік однієї лампи, Л1. додаток 5;

n – число ламп в одному світильнику.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		40

З додатку обираємо значення норми освітленості. Для цеху по переробці деревини вибираємо значення $E=200$ лк. Вибираємо коефіцієнт запасу освітленості, який складає $K_3=1,3$. Коефіцієнт використання освітлювальної установки $U=42$.

Вибираємо світильник типу ЛПО 4x58

Світловий потік однієї лампи складає $\Phi_{л}=4650$ лм.

Визначаємо кількість світильників.

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

Результати освітлення цеху по деревообробному цеху зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця. 3.1 - Розрахунок кількості світильників.

Назва приміщення	Площа S (m^2)	Індекс приміщення ϕ	Нормуюча освітленість E , лк	Коефіцієнт Використання, u	Коефіцієнт Запасу, K_3	Тип світильника	Розрахунковий потік $\Phi_{л}$	Кількість n
Дерево обробний цех	359,375	2,8	230	42	1,3	ЛПО 4x58	4850	8
	9,76	0,27	150			ЛПО 2x18Вт	1080	1
Заточувальне відділення	21,06	0,33	250	42	1,5	Світильник «Евросветзаточт» 4x18Вт	1080	2
Кімната майстра	15,12	0,33	250	42	1,3	Світильник «Евросвет» 4x18Вт	1080	2
Інструментальна	21,06	0,33	150	42	0,8	Світильник «Евросвет» 4x18Вт	1080	2
Кладова	15,66	0,33	100	42	0,8	Світильник «Евросвет» 4x18Вт	1080	1

Продовження таблиці 3.1

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

Для зовнішнього освітлення вибираємо світильник «Тев electric» 1x6,5 потужністю 6,5 Вт.

Визначення електричного навантаження для силових електроспоживачів:

Струм кожного електроспоживача розраховується як і для великої кількості електроспоживачів по наступній формулі:

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

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

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

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

$\eta_{\text{ном}}$ - номінальний коефіцієнт корисної дії (ККД).

Визначаємо номінальний струм багаторозточувального верстату:

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

Результати обчислення зводимо до таблиці 3.2.

Таблиця. 3.2 – Розрахунок струмів електроустановок.

Назва споживача:	P, кВт	U _{ном} , кВ	cosφ	η _{ном}	I, А
Повздовжньо - торцювальний верстат	7,5	0,38	0,75	0,82	18,5
Фугувальний верстат	5,5	0,38	0,8	0,78	13,4
Заточувальний верстат	1,1	0,38	0,8	0,79	2,64
Автоматична лінія виготовлення брикетів	40	0,38	0,75	0,8	101,1

3.2 Компенсація реактивної потужності

Під час підключення до електромережі активно-індуктивного навантаження струм навантаження буде відставати від напруги на кут зсуву φ. Косинус цього кута (cos φ) називається коефіцієнтом потужності. Електричні споживачі з таким навантаженням споживають як активну - P, так і реактивну потужність – Q.

Реактивна потужність розраховується:

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.5)$$

Активна енергія, яка споживається електричними приймачам, перетворюється в інші види енергії, такі як: механічну, теплову, енергію стиснутого повітря, газів тощо. Певний відсоток активної енергії витрачається на втрати. Реактивна потужність Q не пов'язана з корисною роботою електроспоживачів і витрачається на створення електромагнітних полів в електродвигунах, трансформаторах, лініях. Проходження в електричних мережах реактивних струмів викликають додаткові витрати активної потужності в лініях, трансформаторах, генераторах електростанцій, але додаткові втрати напруги вимагають збільшення номінальної потужності та числа трансформаторів та зменшують пропускну здатність всієї енергосистеми.

Сумарна потужність визначається:

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

Наприклад, сумарна потужність поздовжньо торцювального верстату:

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

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		43

Сумарна потужність на зміну:

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

де: $K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання, Л1. 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: $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності Л1. додаток 12.

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

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

Аналогічно виконуємо розрахунки для інших верстатів. Отримані результати заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця. 3.3 – Результати обчислень

№ п/п	Назва верстату	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_e	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{м.}}$ кВт	$Q_{\text{м.}}$ кВАр	$S_{\text{м.}}$ кВА
1	Повздовжньо - торцювальний верстат	1	7,5	7,5	0,13	0,75/0,88	0,858	0,546	–	–	–	–	–
2	Фугувальний верстат	1	5,5	5,5	0,13	0,8/0,75	0,715	0,536	–	–	–	–	–
3	Заточувальний верстат	1	1,1	1,1	0,13	0,8/0,75	0,143	0,107	–	–	–	–	–
4	Автоматична лінія виготовлення брикетів	1	40	40	0,16	0,75/0,88	6,4	5,632	–	–	–	–	–
Всього		4	–	54,1	0,13	–	8,116	6,821	4				

Так само виконуються розрахунки для інших споживачів. Додаємо активну та реактивну потужності на зміну, по таблиці $\Sigma P_{\text{зм.}} = 8,116$ кВт; $\Sigma Q_{\text{зм.}} = 6,821$ кВАр. Сумуємо кількість електроспоживачів, по таблиці $n=4$ шт., розраховуємо сумарну потужність підключених електроспоживачів, по таблиці:

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ				Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					44

$$\Sigma P_{\text{ном.сум.}} = 54,1 \text{ [кВт];}$$

Визначаємо середній коефіцієнт використання:

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

$$K_{\text{в.с.}} = 8,116 / 54,1 = 0,15;$$

Вибираємо умови визначення ефективного числа n_e

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

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

$$n_e = 108,2 / 40 = 2,705 \approx 3$$

$$n_e = 3 \text{ x верстатів;}$$

Визначаємо коефіцієнт максимуму навантаження:

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

$$K_M = 1,87;$$

Визначаємо максимальну потужність приміщення цеху по переробці деревини:

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

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

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

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

$$Q_M = 6,821 \text{ [кВАр];}$$

Визначаємо повну максимальну потужність:

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

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

Визначаємо коефіцієнт потужності $\cos \varphi_M$:

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

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		45

$$\cos\varphi_M = 15,18/16,64 = 0,91;$$

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

$$\operatorname{tg}\varphi_M = \frac{\sqrt{1-0,91^2}}{0,91} = 0,45;$$

Потужність компенсуючого пристрою визначаємо:

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

де: Q_M – реактивна потужність підприємства;

Q_C – реактивна потужність, що передається з мережі;

$\operatorname{tg}\varphi_C = 0,25$ – для Житомиробленерго, Київобленерго, який задається енергосистемою.

$$Q_{\text{к.п.}} = 15,18 \cdot (0,45 - 0,25) = 3,036 \text{ [кВАр]}.$$

Отже з Л1, додаток 16 обираємо: конденсаторну батарею, характеристики заносимо в таблицю 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-0,4-5-3	0,4	5	99,5	1,07



Рисунок 3.1 – Зображення конденсаторної установки ККС-0,4-5-3

Планується встановити компенсуючий пристрій з правої сторони приміщення деревообробного цеху.

3.3 Розрахунок принципової схеми живильної та розподільчих мереж

На аркуші А1 складається принципова схема живильної та розподільчих мереж електропостачання деревообробного цеху, на якій вказуємо ВРП - ввідно-облікову шафу та її тип, лінії електропостачання, електропостачання шаф освітлення, лінії електропостачання електроспоживачів їх довжину і назву, апаратів захисту, їх тип, номінальний струм теплового розчіплювача, апарат обліку електроенергії, потужність електроприймачів, падіння напруги в процентах.

Схема електропостачання деревообробного цеху наведена на аркуші формату А1 - принципова схема живильної та розподільчих мереж та на аркуші А4 пояснювальної записки - рис. 1.1.

Падіння напруги у відсотках в кінці живлячих ліній розраховуємо за наступною формулою:

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

де: С - коефіцієнт, який залежить від матеріалу проводу та величини напруги;

М - момент, який визначається за формулою:

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

де: S - переріз кабелю, мм².

Розраховуємо падіння напруги в кінці живлячого проводу. Позначаємо лінією Н1. Вибраний переріз проводу 35 мм², довжина лінії L = 20 м. Значення коефіцієнту для розрахунку падіння напруги вибираємо C = 77.

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

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

Падіння напруги для інших живлячих ліній розраховуємо аналогічно.

Результати обчислень зводимо в табл. 3.5.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		47

Таблиця. 3.5 – Розрахунок падінь напруги

Назва лінії	P, кВт	L, м	M, кВт·м	C	S, мм ²	ΔU , %
Н1 - живлення ВРП	60	20	1 200,00	77	35	0,45
Н2 - живлення ЩО1	2,829	4	11,32	77	1,5	0,10
Н3 – живлення ЩО2	1,568	32	50,18	77	1,5	0,43
Н4– живлення РП	41,6	22	915,20	77	35	0,34
Н5 – живлення поздовжньо торцювального та фугувального верстатів	13	27	351,00	77	6	0,76
Н6 – живлення автоматичної лінії виготовлення брикетів	40	4	160,00	77	35	0,06
Н7 – живлення заточувального верстату	1,1	22,5	24,75	77	1,5	0,21
Н8 – живлення компенсуючого приладу	0,5	11	5,50	77	1,5	0,05
Лінія освітлення № 1	1,892	55,5	105,01	12,8	1,5	5,47
Лінія освітлення № 2	0,177	16,3	2,89	12,8	1,5	0,15
Лінія освітлення № 3	0,428	28,5	12,20	12,8	1,5	0,64
Розеточна лінія 220 В № 4	1,14	16	18,24	12,8	2,5	0,57
Розеточна лінія 220 В № 5	0,76	9	6,84	12,8	2,5	0,21
Розеточна лінія 380 В № 8	1	4	4	77	1,5	0,35

Групуємо світильники по приміщеннях та приєднуємо їх до щитків. Наприклад, світильники в деревообробному цеху , це група №1 . Потужність одного світильника ЛПО 4x58 та ЛПО 2x18: $P_{св} = 232+36$ Вт. Визначаємо сумарну потужність групи № 1 за формулою:

$$P_{гр} = n \cdot P_{\text{одного св.}} ; \quad (3.20)$$

$$P_{гр.} = (8 \cdot 232) + (1 \cdot 36) = 1,892 \text{ [Вт]};$$

						БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			48

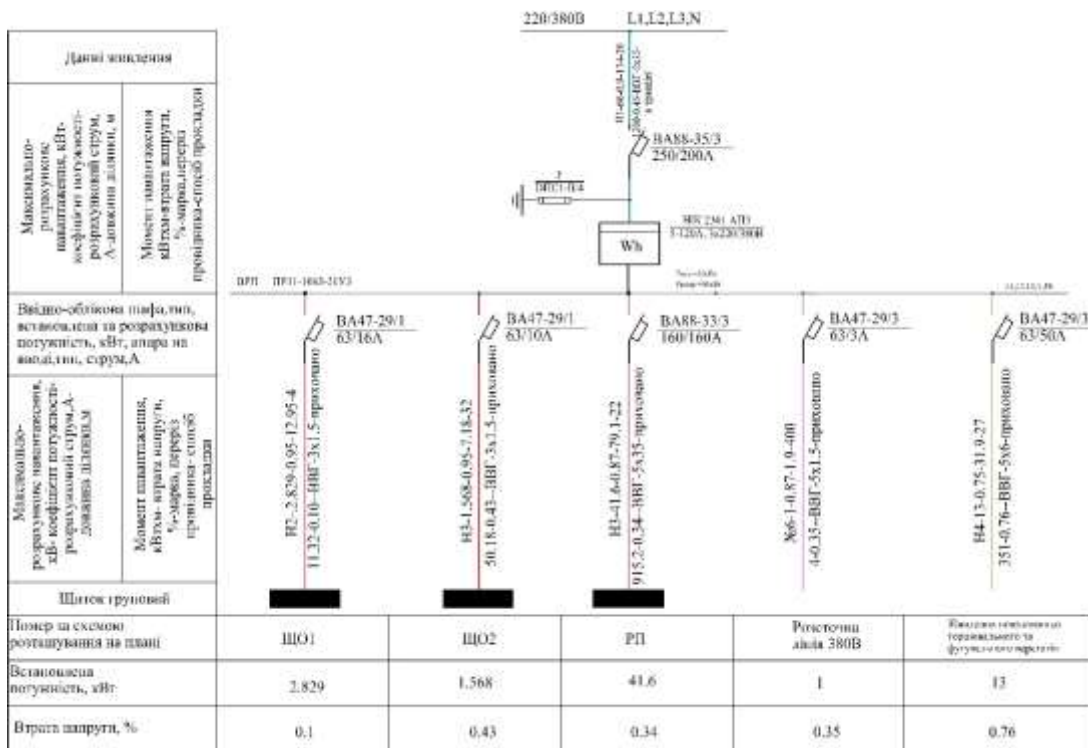


Рисунок. 3.2 – Принципова схема живильної та розподільчих мереж

Розподільчий пристрій	Апарат ліній, що відходить (аводу): позначення, тип, L, A, розподільник або вставка теплового реле, A	Длина кабеля 1	Пусковий апарат: позначення, тип, L, A, розподільник або плавка вставка, A вставка теплового реле, A	Кабель, провід					Труба		Електроприймач		
				Длина кабеля	Позначення	Модель	Класифікація за класом напруги (кВ)	Діаметр в мм	Позначення на кабелі	Формат	Позначення	Рухом, кВт	Зрозумілий або Іном, А
ЩО1 ЩН-6/3	BA47-29/1 63/16			H2	ВВГ	3x1.5	4		H2	2.829	12.95	Лінія від ВРП1 до ЩО1	
	BA-47-29/1 63/10mA			H01	шнпш	3x1.5	55.5		H01	1.892	8.66	Лінія освітлення на деревоскробній цех	
	BA-47-29/1 63/2mA			H02	шнпш	3x1.5	16.3		H02	0.177	0.81	Лінія освітлення в побутовій кімнаті, розподільний та димовий	
	BA-47-29/1 63/5mA			H03	шнпш	3x2.5	9		H03	0.76	3.48	Розетки 220В побутовій кімнаті розподільний та димовий	

Рисунок. 3.3 – Схеми живлення розподільчої мережі ЩО1

Розподільчий пристрій	Апарат ліній, що відходить(вводу): позначення, тип, I, А, розчіплювач або вставка теплового реле, А	Датчик мережі 1	Пусковий апарат: позначення, тип, I, А, розчіплювач або плавка вставка, А вставка теплового реле, А	Датчик мережі 2	Кабель, провід				Труба		Електроприймач			
					Датчик мережі	Позначення	Марка	Класифік. число жоні (переріз, мм ²)	Довжина, м	Позначення на плані	Діаметр	Позначення	Руст. або Рном. кВт	Ірозр. або Іном. Іпуск, А
ЩО2 ЩН-6/3	ВА47-29/1 63/3				№93	ШВВП	3x1.5	28,5			№93	0.428	1.96	Лінія освітлення заточувального відділення, кімнати майстра, інструментальна, складова
	ВА-47-29/1 63/8mA				№94	ШВВП	3x2.5	16			№94	1.140	5.52	Розточна лінія 220В заточувального відділення, кімнати майстра, інструментальна, складова

Рисунок. 3.4 – Схеми живлення розподільчої мережі ЩО2

Розподільчий пристрій	Апарат ліній, що відходить(вводу): позначення, тип, I, А, розчіплювач або вставка теплового реле, А	Датчик мережі 1	Пусковий апарат: позначення, тип, I, А, розчіплювач або плавка вставка, А вставка теплового реле, А	Датчик мережі 2	Кабель, провід				Труба		Електроприймач			
					Датчик мережі	Позначення	Марка	Класифік. число жоні (переріз, мм ²)	Довжина, м	Позначення на плані	Діаметр	Позначення	Руст. або Рном. кВт	Ірозр. або Іном. Іпуск, А
РП РП1-046-543	ВА88-35/3 160/160				№3	ВВГ	5x35	22			№3	41.6	79.1	Живлення РП
	ВА88-32/3 125/125				№5	ШВВП	5x35	4			№5	40	101.1	Живлення автоматичної лінії виготовлення брикетів
	ВА-47-29/3 63/10mA				№6	ВВГ	4x1.5	22.5			№6	1.1	2.64	Живлення заточувального верстату
	ВА-47-29/3 63/2mA				№7	ВВГ	5x1.5	11			№7	0.5	1.07	Живлення комплексного пристрою

Рисунок. 3.5 – Схеми живлення розподільчої мережі РП

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

БРМА 24 00 00 000 ПЗ

Арк.

51

3.4 Розрахунок кабельно-провідникової продукції та захисних апаратів

Відомо, що провідники електричної мережі при проходженні по них струму, згідно закону Джоуля-Ленца, нагріваються. Занадто висока температура нагріву провідника може призвести до передчасного зносу ізоляції, погіршенню контактних з'єднань і пожежної безпеки. А тому встановлено межі допустимих значень температур нагрівання провідників в залежності від марки та матеріалу ізоляції провідника в різних режимах. В додатковій літературі вказані значення допустимих температур нагрівання провідників, згідно з якими встановлюються значення допустимих струмів нагрівання $I_{\text{доп}}$.

Під час розрахунків мережі по нагріванню спочатку вибирають марку провідника в залежності від характеристики середовища приміщення та способу монтажу мережі. Наступний крок - вибір перерізу провідників згідно умов допустимих струмів нагрівання. Для цього порівнюють розрахунковий струм із допустимим струмом нагрівання по наступній умові:

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

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

I_p - розрахункових струм електроспоживача.

Наприклад, для мережі освітлення - група № 1, номінальний струм визначається:

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

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

Вибираємо автоматичний вимикач серії з трьох умов:

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

$$63\text{A} \geq 8,66\text{[A]};$$

$$2) I_{\text{т.р.}} \geq I_{\text{НОМ}};$$

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		52

$$10A \geq 8,66 [A];$$

$$3) I_{\text{ел.магн.}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{пуск}};$$

$$4500 \geq 1,25 \cdot 8,66 = 10,82510.$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ВА47-29/1 з $I_{\text{ном.}} = 63A$, $I_{\text{т.р.}} = 13 A$. З додатку 13 Л1. вибираємо провід живлення двох умов:

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

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

Перевіраємо умови:

$$1) 27 A \geq 8,66[A];$$

$$2) 27 A \geq 1 \cdot 13 = 13 [A].$$

Для мережі розеток згідно ПУЕ вибираємо 3-х жильний провід з мідними жилами перерізом жили $2,5 \text{ мм}^2$ - ШВВП - $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$. Для мережі освітлення згідно ПУЕ вибираємо 3-х жильний провід з мідними жилами перерізом $1,5 \text{ мм}^2$ - ШВВП - $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$.

На плані розташоване електрообладнання згідно завдання на проектування встановлене електрообладнання - тобто електродвигун.

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

$$I_{\text{ном.}} = \frac{1}{1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,8} = 1,9;$$

Вибираємо автоматичний вимикач серії ВА47-29/3 з $I_{\text{ном.}} = 63A$, $I_{\text{т.р.}} = 3A$ тому, що:

$$I_{\text{т.р.}} = 3 \geq 1,15 \cdot 1,9 = 2,185[A];$$

З додатку 13 вибираємо кабель живлення: з двох умов:

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

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		53

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

Перевіряємо умови:

$$1) 14A \geq 1,9;$$

$$2) 14 A \geq 1 \cdot 3A.$$

За цими умовами вибираємо кабель ВВГ 5x1,5 мм².

Результати всіх обчислень заносимо до табл. 3.7.

Таблиця. 3.7 – Розрахунок захисної апаратури та провідникових матеріалів.

№	Назва електро-споживача	P, кВт	I _{ном.} , А	Тип захисного апарату	I _{т.р.} , А	I _{мит.сп.р.} , А	Тип проводу або кабелю та переріз	I _{д.} , А
1	Н1 - живлення ВРП	60	114	ВА 88-35/3 200/200	160	4500	ВВГ-5x35мм ²	115
2	Н2 - живлення ЦО1	2,829	12,95	ВА 47/29/1 63/16	16	4500	ВВГ-3x1,5мм ²	27
3	Н3 – живлення ЦО2	1,568	7,18	ВА 88-29/1/63/10	10	4500	ВВГ-3x1,5мм ²	27
4	Н3 – живлення РП	41,6	79,1	ВА 88-35/3 160/160	100	4500	ВВГ-5x35мм ²	115
5	Н4 – живлення поздовжньо торцювального та фугувального верстатів	13	31,9	ВА 47-29/3 63/50	50	4500	ВВГ-5x6мм ²	40
6	Н5 – живлення автоматичної лінії виготовлення брикетів	40	101,1	ВА 88-32/3 125/125	124	4500	ВВГ-5x35мм ²	115
7	Н6 – живлення заточувального верстату	1,1	2,64	ВА 47-29/3 63/4	4	4500	ВВГ-4x1,5мм ²	14
8	Н7 – живлення компенсуючого приладу	0,5	1,07	ВА 47-29/3 63/2	10	4500	ВВГ-5x1,5мм ²	14

БРМА 24 00 00 000 ПЗ

Арк.

Зм. Арк. №докум. Підпис Дата

54

газів, алюмінієві провідники та кабелі, що прокладені в блоках, тунелях, каналах. Опір розтікання струму з цих заземлювачів визначається шляхом замірів.

Якщо опору природного заземлювача недостатньо, то застосовують штучні заземлювачі.

Штучні заземлювачі можуть бути з чорної сталі без покриття або з покриттям, нержавіючої сталі і міді. Матеріал, який використовується для заземлювачів і заземлювальних провідників, має бути електрохімічно сумісним з матеріалом з'єднувальних та контактних елементів.

Приймаємо, в місці спорудження пристрою заземлення садова земля, вимірний питомий опір в червні місяці був $0,4 \cdot 10^4$ Ом·см; Розрахунковий питомий опір:

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

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

В якості заземлювачів приймаємо пруткові заземлювачі перерізом 16мм. Визначаємо опір одного заземлювача:

$$R_{\text{о.пр.}} = 0,00227 \cdot \rho; \quad (3.28)$$

$$R_{\text{о.пр.}} = 0,00227 \cdot 0,544 \cdot 10^4 = 12,3 \text{ [Ом];}$$

Приймаємо розміщення заземлювачів в ряд з відстанню між ними 2,5 м і довжиною заземлювача 2,5 м, тобто $a/l = 1$, тоді з додатку 24 $\eta = 0,68$;

Визначаємо кількість заземлювачів, приймаючи, що опір заземлення має бути не більше 4 Ом:

$$n = \frac{R_{\text{о.пр.}}}{\eta \cdot R_3}; \quad (3.29)$$

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

Довжина вертикальних заземлювачів $5 \times 2,5 = 12,5$ м, горизонтальних заземлювачів $4 \times 2,5 = 10$ м.

Перевірка:

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

$$R_3 \leq 4 \text{ Ом};$$

$$R_3 = \frac{12,3}{5 \cdot 0,68} = 3,6 \text{ [Ом]}.$$

Розрахунок виконано вірно.

3.7 Висновки до третього розділу

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

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

В першому розділі проведено огляд електричних станків та електрообладнання яке буде заживлено в цеху . Способи прокладки кабельних ліній . Огляд компенсуючої установки , її принцип роботи та робочу схему. Розглядання всіх комутаційних приладів які безпосередньо будуть монтуватись в шафи ЩО , ВРП та РП . А саме: роз'єднувачів , автоматів , плавких ставок запобіжників , реле та магнітних пускачів.

На основі огляду та аналізу літературних джерел розроблені схеми електропостачання та прийнято обгрунтоване рішення з схеми живлення .

В другому розділі дипломного проекту ми виконали проектування зовнішнього електропостачання . Зробили план розташування розподільчих шаф , електрообладнання та прокладання електричних мереж. Спроекували блискавкозахист пилорами та заземлюючу арматуру .Склали схему обліку електроенергії . З даного розділу ми розуміємо що у нас в проекті буде 8 приміщень на яких розташовано чотири розподільчі шафи. Метод прокладання ввідного кабелю вибраний підземним шляхом , щоб уникнути обриву кабелів стрілами навантажувачів. Облік буде вестись трьох фазним лічильником НІК 2301 АПЗ.

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

В результаті виконання бакалаврської роботи розроблено план електропостачання Лісопильного цеху з урахуванням всіх нюансів виробництва. Розраховано БСК яке буде генерувати реактивну потужність , та підібрано всю захисну та комутаційну апаратуру для розподільчих шаф.

					БРМА 24 00 00 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		60

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методи прокладання кабельної лінії [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://vse-e.com/ua/novosti/vozdushnyi-i-podzemnyi-vvod-kabelia-v-dom-kakoi-luchshe>.

2. Вимоги прокладання кабельної лінії в траншеї [Електронний ресурс]

Режим доступу: <https://euopan.ua/news/cabling/>

3. Автоматична ініція виготовлення брикетів [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://euomag.biz/ua/p1107870053-liniya-briketirovaniya-dlya.html>

4. Норматив Прокладання електропроводки 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-reaktivnoi-moshnosti-1-faznyi-pfc-6-rs-eti-4656905>.

6. Апарати захисту електроустаткування [Електронний ресурс].

Режим доступу: <https://andielectro.com.ua/ua/a357935-apparaty-zaschity-elektrooborudovaniya.html>

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 пуска 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 24 00 00 000 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

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--80adkwgjkjn3h.com.ua/article/vubir_avtomata.

16. Рекомендації до проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення/Бучинський Ю.О. 2019 – 74с.

17. Огляд ринку світодіодних світильників [Електронний ресурс].

Режим доступу: 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.: ил.

19. Каталог електротехнічних виробів фірми ІЕК, 2012. - 412 с.