

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Розробка заходів підвищення надійності електричного обладнання
в системі електроспоживання деревообробного підприємства**

Виконав: студент II курсу, групи ЕЕд-2
спеціальності (напряму підготовки) 141
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності (напряму підготовки))

Книшук В. С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Бабюк С. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Вакуленко О. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти

Кафедра Електричної інженерії

Освітній ступінь магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва)

Завідувач кафедри ЕІ

Тарасенко М. Г.

«24» червня 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Книшуку Вадиму Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка заходів підвищення надійності електричного обладнання в системі електроспоживання деревообробного підприємства

Керівник проекту (роботи) Бабюк Сергій Миколайович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом по університету від «19» червня 2019 року № 4/7-545

2. Термін подання студентом проекту (роботи) 10 грудня 2019 року

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Параметри споживачів підприємства, план розташування електрообладнання, графіки електричних навантажень підстанцій, паспортні дані обладнання та комутаційних апаратів, що використовуються підприємстві.

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

1. Вступ

2. Аналітична частина

3. Науково-дослідна частина

4. Технологічна частина

5. Проектно-конструкторська частина

6. Спеціальна частина

7. Обґрунтування економічної ефективності

8. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

9. Екологія

10. Загальні висновки до дипломної роботи

11. Перелік посилань

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

1. Генплан та картограма електричних навантажень деревообробного заводу 1л. ф – А1

2. Однолінійна схема електропостачання деревообробного заводу 1л. ф – А1

3. План розріз ГПП деревообробного заводу 1л. ф – А1

4. План силової мережі лісопильного цеху 1л. ф – А1

5. План освітлювальної мережі лісопильного цеху 1л. ф – А1

6. Схема релейного захисту трансформатора 1л. ф – А1

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Організаційно-економічна частина	Мельник Л. М. д.е.н., доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я. к.т.н., доцент		
	Стручок В. С. ст. викл.		
Екологія	Зварич Н. М. к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання **24 червня 2019 року**

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	08.07.2019	
2	Аналітична частина	22.07.2019	
3	Науково-дослідна частина	19.08.2019	
4	Технологічна частина	23.09.2019	
5	Проектно-конструкторська частина	21.10.2019	
6	Спеціальна частина	25.11.2019	
7	Обґрунтування економічної ефективності	01.12.2019	
8	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	01.12.2019	
9	Екологія	01.12.2019	
10	Висновки	05.12.2019	
11	Оформлення пояснювальної записки	10.12.2019	
12	Оформлення графічної частини	10.12.2019	

Студент

_____ (підпис)

Книшук В. С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Бабюк С. М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Книшук В. С. Розробка заходів підвищення надійності електричного обладнання в системі електроспоживання деревообробного підприємства. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Центр перепідготовки та післядипломної освіти. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕд-2. – Тернопіль.: ТНТУ, 2019.

Стор.– 118; рис. - 13; табл. - 36; креслень - 6; джерел - 19; додатків - .

У дипломній роботі проведено аналіз, та здійснено розробку заходів підвищення надійності електричного обладнання в системі електроспоживання деревообробного підприємства.

Проведено розрахунок електричних навантажень по заводу та на основі отриманих даних побудовано картограму електричних навантажень і графік електричних навантажень. За результатами розрахунків було вибрано місце розташування ГПП і вибрано кількість та потужність силових трансформаторів. Також було вибрано схему внутрішньозаводського електропостачання та розраховано потужність цехових трансформаторних підстанцій та розподільчих пунктів.

В ході виконання дипломного проекту були проведені розрахунки реактивної потужності, яка підлягає компенсації, був проведений вибір вимикачів, роз'єднувачів, трансформаторів струму, трансформаторів власних потреб підстанції, обмежувачів перенапруг, засобів релейного захисту.

Перелік ключових слів: ЦЕНТР ЖИВЛЕННЯ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ПУНКТ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЗАВОД, КАБЕЛЬНА ЛІНІЯ, ЦЕХОВА ПІДСТАНЦІЯ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ.

ANNOTATION

Knyshuk V. Development of measures to improve the reliability of electrical equipment in the system of power consumption of woodworking enterprise. 141 Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics. Ternopil Ivan Puluj National Technical University. Center for retraining and postgraduate education. Chair of Electrical Engineering, group ЕЕД-2. – Ternopil.: TNTU, 2019.

Page – 118; Illustrations – 13; Tables – 36; Blueprints – 6; Sources – 19; Applications – -.

An analysis is conducted in diploma work, and development of measures of increase of reliability of electric equipment is carried out in the system of electro-consumption of woodworking enterprise.

The calculation of the electric loading is conducted on a plant and on the basis of the obtained data cartogram of the electric loading and graphic arts of the electric loading is built. On results calculations the place of location of main step-down substation was chosen and an amount and power of power transformers are chosen. The chart of inside factory power supply was also chosen and power of workshop transformer substations and distributive points is expected.

During implementation of diploma project there were the conducted calculations of reactive-power that is subject to indemnification, there was the conducted choice of switches, disconnectors, transformers of current, transformers of own necessities of substation, terminators of overstrains, facilities of relay defence.

Keywords: CENTER of FEED, DISTRIBUTIVE POINT, POWER SUPPLY, PLANT, CABLE BUS, WORKSHOP SUBSTATION, SHORT CIRCUIT, RELAY DEFENCE.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	11
1.1 Електропостачання промислових підприємств	11
1.2 Особливості розрахунків електропостачальних систем	12
1.3 Вимоги до електричних мереж. Надійність електропостачання	15
1.4 Шляхи підвищення надійності електропостачання	16
1.5 Чинники, що впливають на надійність електрообладнання і систем електропостачання	17
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	21
2.1 Аналіз чинників, які впливають на надійність роботи електрообладнання	21
2.2 Підвищення надійності електрообладнання промислових підприємств	23
2.2.1 Експлуатація електрообладнання	23
2.2.2 Ремонт електродвигуна	24
2.2.3 Пошук несправностей при експлуатації електрообладнання	25
2.3 Заходи щодо забезпечення надійності роботи електротехнічних пристроїв	26
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	31
3.1 Загальна характеристика деревопереробного підприємства	31
3.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства	33
3.2.1 Визначення розрахункової потужності технологічного обладнання	34
3.2.2 Визначення розрахункової потужності обладнання котельною	45
3.2.3 Визначення розрахункової потужності освітлювального навантаження	47
3.2.4 Розрахунок сумарного навантаження на КТП	59
4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	51
4.1 Вибір числа і потужності трансформаторів на підстанції	51
4.2 Компенсація реактивної потужності	

4.3 Компонування проектованої комплектної трансформаторної підстанції зовнішньої установки	53
4.4 Вибір схеми електропостачання і розрахунок мережі НН	56
4.4.1 Розрахунок перерізів провідників по нагріву і втраті напруги	56
4.4.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі нижчої напруги і вибір комутаційної апаратури	58
4.5 Розрахунок заземлюючого пристрою	66
4.5.1 Вибір режиму нейтралі	66
4.5.2 Розрахунок заземлюючого пристрою	67
4.6 Розрахунок пристрою грозозахисту	70
4.7 Заходи по підвищенню надійності електропостачання споживачів деревопереробного підприємства	71
4.7.1 Вибір резервного джерела живлення	72
4.7.2 Заміна повітряної лінії електропередачі 10 кВ з використанням захищених проводів і залізобетонних опор	75
5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	84
5.1 Автоматичний захист асинхронного двигуна від перевантаження і нагріву	84
5.1.1 Пристрої вбудованого температурного захисту	84
5.1.2 Пристрій ЗОУП-25	89
5.1.3 Універсальний блок захисту асинхронних електродвигунів УБЗ-301	90
6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	94
6.1 Визначення капітальних вкладень	94
6.2 Визначення річних експлуатаційних витрат	95
6.3 Складання кошторису електроенергетичних витрат	97
6.4 Розрахунок поточних витрат на обслуговування електрообладнання	101
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	104
7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	104

7.2 Заходи по зниженню негативної дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників	<u>107</u>
7.3 Підвищення стійкості функціонування організацій в надзвичайних ситуаціях	<u>110</u>
8 ЕКОЛОГІЯ	<u>112</u>
7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	<u>112</u>
7.2 Заходи по зниженню негативної дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників	<u>113</u>
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	<u>115</u>
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	<u>117</u>

ВСТУП

Актуальність проблеми. Надійність енергосистеми є комплексною властивістю й визначається як здатність енергосистеми виконувати функції з виробництва, передачі, розподілу й постачання споживачів електричною енергією в необхідній кількості й нормованій якості шляхом взаємодії генеруючих установок, електричних мереж і електроустановок споживачів, у тому числі: задовольняти у будь-який момент часу (як поточний, так і на перспективу) загальний попит на електроенергію; протистояти збурюванням, викликаним відмовами елементів енергосистеми, включаючи каскадний розвиток аварій і настання форс-мажорних обставин; відновлювати свої функції після їх порушення [1].

Під надійністю електропостачання необхідно розуміти безперервне забезпечення споживачів електроенергією заданої якості відповідно до договірних зобов'язань. У сучасних ринкових умовах надійність електропостачання нерозривно пов'язана з економічними показниками й енергетичною безпекою промислових підприємств. Більше того, надійність електропостачання є товаром, що має свою ціну й реалізується через ринкові послуги, забезпечується усіма суб'єктами ринку в зонах відповідальності за надійність при їх технологічній і економічній взаємодії [1].

Завдання забезпечення надійності систем електропостачання містить у собі цілий комплекс технічних, економічних і організаційних заходів, спрямованих на зниження збитку від порушення нормального режиму роботи споживачів електроенергії, а саме [1]:

- вибір критеріїв і кількісних характеристик надійності;
- випробування на надійність і прогнозування надійності діючого устаткування;
- вибір оптимальної структури проєктованих (реконструйованих) систем електропостачання за критерієм надійності;

- забезпечення заданих технічних і експлуатаційних характеристик роботи споживачів;

- розроблення найбільш раціональної, з погляду забезпечення надійності, програми експлуатації системи (обґрунтування режимів профілактичних робіт, норм запасних елементів і методів пошуку несправностей).

Надійність характеризується здатністю системи електропостачання та її елементів, до складу яких входять лінії, силові трансформатори, електричні апарати, забезпечити підприємство і окремі об'єкти електроенергією належної якості без аварійних перерв, що приводять до порушення плану виробництва, аварій в електричній і технологічній частинах обладнання.

Надійність системи електропостачання залежить від побудови її схеми, ступеня резервування і надійності окремих елементів з врахуванням їх перевантажувальної здатності.

Отже, підвищення надійності системи електропостачання є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження.

Основною метою роботи є розробка та впровадження заходів підвищення надійності електричного обладнання, шляхом модернізації системи електропостачання.

Поставлена в роботі мета вимагає вирішення наступних задач:

- аналіз схем електропостачання промислових підприємств;
- аналіз вимог до електричних мереж та надійності електропостачання;
- аналіз шляхів підвищення надійності електропостачання;
- аналіз чинників, що впливають на надійність електрообладнання і систем електропостачання;
- аналіз заходів щодо забезпечення надійності роботи електротехнічних пристроїв;
- визначення електричних навантажень, дотримуючись вимог із надійності системи електропостачання;

- вибір оптимального числа і потужності трансформаторів;
- розрахунок силової та освітлювальної мережі;
- оптимізація режимів реактивної потужності з метою мінімізації втрат електроенергії в системі електропостачання;
- розрахунок струмів короткого замикання;
- вибір високовольтного та низьковольтного електрообладнання, раціональні перетини кабелів і проводів;
- розробка заходів для захисту асинхронних двигунів від перевантаження та нагріву.

Об’єкт дослідження – розподільна електрична мережа.

Предмет дослідження – заходи підвищення надійності системи електроспоживання деревообробного підприємства.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Дістало подальший розвиток впровадження заходів підвищення надійності системи електроспоживання промислових підприємств, що дозволить знизити витрати на споживання електричної енергії.

Практичне значення отриманих результатів.

Впровадження заходів для захисту асинхронних двигунів від перевантаження та нагріву дозволить збільшити їх термін експлуатації, а також підвищити надійність системи електроспоживання.

Апробація. Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на VIII Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (2019), на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань (19 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 118 сторінки.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Електропостачання промислових підприємств

Системою електропостачання називають комплекс пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електричної енергії.

Система електропостачання промислових підприємств забезпечує електричною енергією промислові споживачі. Основними споживачами є електроприводи різних машин і механізми, електричне освітлення, електричні нагрівальні пристрої, в тому числі електричні печі.

Робота промислових електроприводів та інших споживачів як при проектуванні, так і під час експлуатації повинна знаходитись в строгій відповідності як з окремими споживачами, так і з комплексом електроприводів, що забезпечують роботу складних механізмів.

Задача електропостачання промислових підприємств виникла одночасно з широким впровадженням електропривода в якості рушійної сили різних машин і механізмів і будівництвом електростанцій.

Перші електростанції споруджувались в містах для освітлення і живлення електричного транспорту, а також при фабриках і заводах. Пізніше з'явилася можливість спорудження електричних станцій в місцях запасів палива (торфу, вугілля, нафти) або в місцях використання енергії води незалежно від місць розташувань споживачів електроенергії - міст і промислових підприємств. Передача електроенергії на великі віддалі до центрів споживання почала здійснюватися лініями електропередачі високої напруги:

Раціонально виконана сучасна система електропостачання промислового підприємства повинна задовольняти ряд вимог: бути економною і надійною, безпечною і зручною в експлуатації, забезпечити належну якість електроенергії, рівні напруги, стабільність частоти та ін.

Повинні передбачатися стислі терміни виконання будівельно-монтажних робіт і необхідна гнучкість системи, що забезпечує можливість розширення при

розвитку підприємства без істотних ускладнень і подорожання первинних варіантів. При цьому повинні по можливості прийматися рішення, що вимагають мінімальних витрат кольорових металів і електроенергії.

При розробці системи електропостачання підприємства на період будівництва передбачається максимальне її використання для постійної експлуатації електрогосподарства підприємства.

В даний час більшість споживачів одержують електроенергію від енергосистем. Але на багатьох підприємствах продовжується будівництво і власних ТЕЦ.

Необхідність в виробництві електроенергії на фабрично-заводських електростанціях обумовлюється наступними причинами:

а) потребою в теплі для технології і опалення і ефективністю потужного виробництва при цій електроенергії;

б) необхідністю резервного живлення для відповідальних споживачів (друге незалежне джерело живлення);

в) необхідністю використання вторинних енергоресурсів;

г) великою віддаленістю деяких підприємств від енергосистем.

По мірі розвитку електроспоживання стають складнішими і системи електропостачання промислових підприємств. В них включаються мережі високих напруг, розподільчі мережі, а в деяких випадках і мережі промислових ТЕЦ. Виникає необхідність впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств виробничих процесів, здійснювати в широких межах диспетчеризацію процесів виробництва з застосуванням телесигналізації і телеуправління і вести активну роботу по економії електроенергії.

1.2 Особливості розрахунків електропостачальних систем

Широке застосування обчислювальної техніки дає змогу швидко та з високою точністю обраховувати різні процеси, режими та задачі, що виникають перед інженером під час проектування та експлуатації

електропостачальних систем. При цьому він повинен уміти оцінити достовірність отриманих результатів, а в умовах відсутності такої техніки - швидко виконати розрахунки вручну з достатньою точністю та достовірністю. Для спрощення розрахунків без істотного спотворення кінцевого результату необхідно правильно оцінити вплив різних елементів та окремих їхніх параметрів, вибрати простий і надійний метод та спосіб розрахунку. Потрібно пам'ятати, що інженерні розрахунки загалом і в електропостачанні зокрема є наближеними, і точність їхня визначається насамперед точністю вихідних даних. Такими даними можуть бути номінальні параметри обладнання та елементів електричної мережі, нормативні величини та коефіцієнти, результати різних натурних вимірювань, результати попередніх розрахунків.

Точність номінальних параметрів електрообладнання (електричних машин, трансформаторів, перетворювачів, реакторів тощо) та струмопровідних частин (проводів, кабелів, шин та ін.) задають за наведеними в каталогах допусками, які знаходяться зазвичай у межах від 2 до 5 %, іноді тільки від'ємні або тільки додатні. Зокрема, наприклад, для кабелів вказують мінімально допустимий активний опір жил. Якщо допуски не вказані, приймають, що похибка дорівнює половині значення одиниці останнього розряду цього числа (наприклад, номінальну напругу 100,0 В потрібно розуміти, як $(100,0 \pm 0,5)$ В, 100,00 В, як $(100,00 \pm 0,05)$ В). Відносно більші похибки можуть вноситись у розрахунки, коли використовують не номінальні, а усереднені значення параметрів.

Точність результатів вимірювань, що використовують у різних розрахунках, залежить від класу точності приладів та від способу вимірювань. У випадку використання лабораторних приладів з класом точності 0,5 результати вимірювань мають похибку в межах 0,5-2 %, у випадку використання стаціонарних щитових приладів похибка може бути значно більшою.

Нормативні та інші розрахункові коефіцієнти задають із похибкою в середньому від 2 до 10 % .

Отже, вже вихідними даними визначається початкова величина похибки. Внаслідок використання наближених методів результуюча похибка накопичу-

ється і може знаходитися у межах від 5 до 10 %, причому не завжди відомий її знак. Наскільки така точність може задовольнити вимоги, залежить від тієї мети, для якої виконують розрахунки. Часто за результатами розрахунків необхідно вибрати стандартне електрообладнання, чи перевірити вибране за певними додатковими умовами, або визначити показники режиму вузла електропостачання тощо.

Інтервал номінальних параметрів основного електротехнічного обладнання становить від 1,2 до 3, тому похибка результату розрахунків для однозначного вибору не повинна перевищувати $(q-1)$, де q - інтервал шкали номінальних параметрів; для q - від 1,2 до 3 допустима похибка становить від 5 до 30 % [1].

Вибираючи стандартне обладнання або переріз струмопровідних частин, необхідну точність визначають за:

- 1) інтервалом (кроком) стандартного ряду номінальних величин;
- 2) експлуатаційними перевантаженнями або іншими допустимими відхиленнями від номінального режиму;
- 3) допусками самих номінальних величин;
- 4) коефіцієнтами запасу, закладеними в розрахунки;
- 5) можливими змінами режиму під час експлуатації.

Тому в електропостачанні достатньо проводити розрахунки з похибкою в межах + 5 %, результат записувати трьома цифрами. Такий спосіб запису має похибку 0,5 %, і решта цифр практично ні на що не впливає.

Застосування ЕОМ є досить поширеним під час проектування електропостачальних систем, для розрахунків режимів складних замкнених мереж тощо.

Під час виконання наближених розрахунків без використання обчислювальної техніки для спрощення розрахунків можна керуватись деякими загальними рекомендаціями:

- 1) розрахункову схему складають з урахуванням тільки тих елементів, які мають вирішальне значення;

- 2) у заступній схемі враховують лише необхідні для цього розрахунку параметри опорів та провідностей, що визначають задану точність;
- 3) із можливих методів розрахунків вибирають простий і надійний;
- 4) вибирають такий спосіб розрахунку, який не вимагає застосування спеціальних засобів.

1.3 Вимоги до електричних мереж. Надійність електропостачання

Надійність – це властивість систем електроспоживання спільного призначення виконувати задані функції в заданому об'ємі за певних умов.

Електроприймачі I категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних джерел живлення, а перерва їх електропостачання може бути допущений тільки на час автоматичного введення резервного живлення.

Незалежним джерелом живлення вважається такий, на якому напруга зберігається при зникненні напруги на інших джерелах живлення.

Електроприймачі II категорії рекомендується також забезпечувати електроенергією від двох незалежних джерел живлення. Для електроприймачів цієї категорії допустимі перерви в електропостачанні на якийсь час, необхідне для включення резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади. Живлення таких електроприймачів, як правило, слід передбачати від одностранс-форматорних підстанцій за умови організації централізованого резерву трансформаторів.

Електроприймачі III категорії можуть житися від одного джерела живлення. В цьому випадку допустимі перерви в електропостачанні на якийсь час, необхідне для подачі тимчасового живлення, ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, але не більше ніж на одну добу.

1.4 Шляхи підвищення надійності електропостачання

Заходи по підвищенню надійності електропостачання можна розділити на 2 групи:

- а) організаційно – технічні;
- б) технічні.

Організаційно – технічні шляхи.

1. Підвищення вимог до експлуатаційного персоналу.
2. Раціональна організація поточних і капітальних ремонтів і профілактичних випробувань.

3. Раціональна організація знаходження і усунення пошкоджень.

4. Забезпечення необхідних запасів матеріалів і обладнання.

Технічні заходи.

1. Підвищення надійності окремих елементів мереж, в тому числі опор, ізоляторів, під станційного обладнання.

2. Скорочення радіусу дії електричних мереж. Лінії 10 кВ до – 15 км, в подальшому до 7 км (як в закордонних країнах).

3. Широке застосування кабельних мереж. Число аварійних вимкнень порівняно з ПЛ зменшується в 8 ...10 разів. ПЛ 0.38 кВ будуть виконуватися ізолюваними проводами.

4. Використання мережного і місцевого резервування (2-х трансформаторні ТП.)

5. Автоматизація сільських електричних мереж (АПВ, АВР), телемеханізація

З ціллю підвищення надійності електропостачання сільськогосподарських споживачів особливу увагу необхідно приділяти електропостачання споживачів І категорії - тваринницьких комплексів, птахофабрик, великих текстильних комбінатів і т. п., відключення яких приводить до захворювань, а навіть до загибелі тварин, рослин і великих матеріальних збитків.

Досвід показує, що навіть двостороннє живлення їх не забезпечує необхідної надійності. Тому всі відповідальні об'єкти повинні мати невеликі резер-

вні дизельні електростанції (бажано з АВР), від яких можна було б заживити найбільш відповідальні споживачі.

1.5 Чинники, що впливають на надійність електрообладнання і систем електропостачання

Все вище відмічене відноситься до етапу проектування електроустановок і системи електропостачання в цілому. Досвід експлуатації показує, що надійність залежить від численних і різноманітних чинників. Умовно вони можуть бути розділені на три основні групи: конструктивні, виробничі, експлуатаційні.

Конструктивні чинники обумовлені установкою в облаштування мало-надійних елементів; недоліками схемних і конструктивних рішень, прийнятих при проектуванні; застосуванням комплектуючих елементів, що не відповідають умовам довкілля.

Виробничі чинники обумовлені порушеннями технологічних процесів, забрудненістю навколишнього повітря, робочих місць і пристосувань, слабким контролем якості виготовлення і монтажу, відсутність достатнього складського резерву електрообладнання та ін.

При виготовленні і монтажі електрообладнання, електроустановок великий вплив на їх надійність роблять процеси зберігання і транспортування, під час яких вони часто ушкоджуються. Найбільший вплив на надійність електротехнічних пристроїв роблять **умови експлуатації**. Удари, вібрація, перевантаження, температура, вологість, сонячна радіація, пісок, пил, пліснява, корозійні рідини і гази, електричні і магнітні поля - усе впливає на роботу пристроїв. Тому особливо важливо, щоб обслуговуючий персонал добре знав рівень, тривалість, характер дії кожного з перелічених вище чинників і міру їх впливу на надійність роботи електрообладнання. Це особливо важливо, оскільки різні умови експлуатації по різному можуть позначатися на терміні служби і надійності роботи електрообладнання.

Ударно-вібраційне навантаження значно знижують надійність електрообладнання в цілому, їх окремих вузлів і деталей. Дія ударно-вібраційних навантажень може у ряді випадків бути значніша за дію інших механічних, а також електричних і теплових навантажень. В результаті тривалої знакозмінної дії навіть невеликих ударно-вібраційних навантажень відбувається накопичення втоми в матеріалі елементів, що призводить до відмов, зазвичай раптових. Під впливом вібрацій і ударів виникають численні механічні ушкодження елементів конструкції, ослаблюються кріплення елементів і порушуються контакти електричних з'єднань.

Навантаження при циклічних режимах роботи, пов'язаних з частими включеннями і виключеннями електрообладнання, так само як і ударно-вібраційне навантаження, сприяють виникненню і розвитку ознак втоми матеріалу елементів. Досвід показує, що часті включення і виключення пристроїв приводять до досить частих відмов їх елементів. Фізична природа підвищення небезпеки відмов пристроїв при їх включенні і виключенні полягає в тому, що під час перехідних процесів в їх елементах виникають надструми і перенапруження, значення яких часто набагато перевершує, хоча і короткочасно, значення, допустимі по нормативній і технічній документації.

Електричні і механічні перевантаження. Дуже часто електрообладнанню доводиться працювати в режимі перевантажень. Причинами перевантажень може служити несправність робочих механізмів, значні зміни частоти або напруги живлячої мережі, загусання мастила робочих механізмів в холодну погоду, перевищення номінальної розрахункової температури доквілля в окремі періоди року і дня, високе завантаження в моменти форсування виробничого процесу і т. д. Перевантаження призводять до підвищення температури нагріву ізоляції електрообладнання вище допустимою і різкому зниженню терміну її служби.

Кліматичні дії. Істотний вплив на надійність будь-якого електрообладнання робить доквілля. Найбільше на надійність роботи пристроїв впливають низька і висока температура, велика вологість.

При низьких температурах знижується ударна в'язкість металевих деталей електротехнічних пристроїв; міняються значення технічних параметрів таких елементів, як конденсатори, реактори, резистори; відбувається «залипання» контактів реле; руйнується гума. Завдяки замерзанню або загусанню мастильних матеріалів утруднюється робота перемикачів, ручок управління і т. д.

Високі температури також викликають механічні і електричні пошкодження елементів електрообладнання, прискорюючи знос і старіння. Вплив підвищеної температури на надійність роботи електрообладнання проявляється в найрізноманітніших формах. Так, в жару псуються ізоляційні матеріали, зменшується опір ізоляції, тобто збільшується небезпека електричних пробів, порушується герметичність (починають витікати заливальні і просочувальні компаунди). В результаті порушення ізоляції в обмотках електромагнітів, електродвигунів і трансформаторів виникають ушкодження. Помітний вплив робить підвищена температура на роботу механічних елементів електрообладнання.

Велика дія на надійність елементів електроустановок робить вологість. Під впливом вологи відбувається дуже швидка корозія металевих деталей електротехнічних пристроїв. Ізоляційні матеріали пристроїв поглинають вологу, внаслідок чого зменшується поверхневий і об'ємний опір. З'являються різні витіки, різко збільшується небезпека поверхневих пробів. Велика вологість викликає також ріст грибкової плісняви, під впливом якої поверхня матеріалів роз'їдається, і електричні властивості пристроїв погіршуються.

Дія пилу. На надійність електрообладнання впливає пил, що є зазвичай дрібними частками. Ці частки потрапляють в мастило, осідають на частинах і механізмах електрообладнання і викликають швидкий знос частин, що труться, і забруднення ізоляції. Пил найбільш небезпечний для електродвигунів, в які вона потрапляє із засмоктуваним для вентиляції повітрям. Проте і в інших елементах електрообладнання знос набагато прискорюється, якщо пил проникає крізь ущільнення до поверхонь тертя. Тому при великій запыленій особливе значення придбаває якість ущільнень елементів електричних пристроїв і відхід за ними.

Якість експлуатації електротехнічних пристроїв залежить від міри наукової обґрунтованості вживаних методів експлуатації і обслуговування, рівня підготовки обслуговуючого персоналу (знання матеріальної частини, теорії і практики надійності, вміння швидко знаходити і усувати несправності і т. п.). Застосування профілактичних заходів (регламентні роботи, візуальний контроль, випробування), ремонту, використання досвіду експлуатації електрообладнання і пристроїв забезпечує їх більш високу експлуатаційну надійність.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз чинників, які впливають на надійність електрообладнання

Досвід експлуатації показує, що надійність роботи електрообладнання залежить від численних і різноманітних чинників, які умовно можуть бути розділені на чотири групи; конструктивні, виробничі, монтажні, експлуатаційні.

Конструктивні чинники обумовлені установкою в облаштування малонадійних елементів; недоліками схемних і конструктивних рішень, прийнятих при проектуванні; застосуванням комплектуючих елементів, що не відповідають умовам довкілля.

Виробничі чинники обумовлені порушеннями технологічних процесів, забрудненістю навколишнього повітря, робочих місць і пристосувань, слабким контролем якості виготовлення і монтажу та ін.

В процесі монтажу електротехнічних пристроїв їх надійність може бути понижена при недотриманні вимог технології.

Умови експлуатації роблять найбільший вплив на надійність електротехнічних пристроїв. Удари, вібрація, перевантаження, температура, вологість, сонячна радіація, пісок, пил, пліснява, корозійні рідини і гази, електричні і магнітні поля – усе впливає на роботу пристроїв.

Різні умови експлуатації по-різному можуть позначатися на терміні служби і надійності роботи електроустановок. Ударно-вібраційні навантаження значно знижують надійність електротехнічних пристроїв.

Дія ударно-вібраційних навантажень може в ряду випадку бути значніше за дію інших механічних, а також електричних і теплових навантажень. В результаті тривалої знакозмінної дії навіть невеликих ударно-вібраційних навантажень відбувається накопичення втоми в елементах, що призводить зазвичай до раптових відмов. Під впливом вібрацій і ударів виникають численні механічні ушкодження елементів конструкції, ослабляються їх кріплення і порушуються контакти електричних з'єднань.

Навантаження при циклічних режимах роботи, пов'язаних з частими включеннями і виключеннями електротехнічного пристрою, як і ударно-вібраційне навантаження, сприяють розвитку ознак зношення елементів.

Фізична природа підвищення небезпеки відмов пристроїв при їх включенні і виключенні полягає в тому, що під час перехідних процесів в їх елементах виникають надструми і перенапруження, значення яких часто набагато перевищує значення, допустимі технічними умовами.

Електричні і механічні перевантаження відбуваються в результаті несправності механізмів, значних змін частоти або напруги живлячої мережі, загусання мастила механізмів в холодну погоду, перевищення номінальної розрахункової температури довкілля в окремі періоди року і дня і т. д.

Перевантаження призводять до підвищення температури нагріву ізоляції електротехнічних пристроїв вище допустимої і зниженню терміну її служби.

Кліматичні дії, понад усе температура і вологість, впливають на надійність і довговічність будь-якого електротехнічного пристрою.

При низьких температурах знижується ударна в'язкість металевих деталей електротехнічних пристроїв : міняються значення технічних параметрів напівпровідникових елементів; відбувається «залипання» контактів реле; руйнується гума.

Внаслідок замерзання або загусання мастильних матеріалів утруднюється робота перемикачів, ручок управління і інших елементів. Високі температури також викликають механічні і електричні ушкодження елементів електротехнічного пристрою, прискорюючи його знос і старіння.

Вплив підвищеної температури на надійність роботи електротехнічних пристроїв проявляється в найрізноманітніших формах: утворюються тріщини в ізоляційних матеріалах, зменшується опір ізоляції, тобто збільшується небезпека електричних пробоїв, порушується герметичність (починають витікати заливальні і просочувальні компаунди).

В результаті порушення ізоляції в обмотках електромагнітів, електродвигунів і трансформаторів виникають ушкодження. Помітний вплив робить під-

вищена температура на роботу механічних елементів електротехнічних пристроїв.

Під впливом вологи відбувається дуже швидка корозія металевих деталей електротехнічних пристроїв, зменшується поверхневий і об'ємний опір ізоляційних матеріалів, з'являються різні витіки, різко збільшується небезпека поверхневих пробоїв, під впливом якої поверхня матеріалів роз'їдається і електричні властивості пристроїв погіршуються.

Пил, потрапляючи в мастило, осідає на частинах і механізмах електротехнічних пристроїв і викликає швидкий знос частин, що труться, і забруднення ізоляції. Пил найбільш небезпечний для електродвигунів, в які вона потрапляє із засмоктуваним для вентиляції повітрям. Проте і в інших елементах електротехнічних пристроїв знос набагато прискорюється, якщо пил проникає крізь ущільнення до поверхні тертя. Тому при великій запиленій особливе значення придбаває якість ущільнень елементів електричних пристроїв і відхід за ними.

Якість експлуатації електротехнічних пристроїв залежить від міри наукової обґрунтованості вживаних методів експлуатації і кваліфікації обслуговуючого персоналу (знання матеріальної частини, теорії і практики надійності, уміння швидко знаходити і усувати несправності і тому подібне).

Застосування профілактичних заходів (регламентні роботи, огляди, випробування), ремонту, використання досвіду експлуатації електротехнічних пристроїв забезпечують їх більш високу експлуатаційну надійність.

2.2 Підвищення надійності електрообладнання промислових підприємств [3]

Досвід експлуатації електрообладнання промислових підприємств показує, що фактичні терміни служби його і напрацювання повністю в 1,5 - 3 рази менше за нормованих. Усі причини передчасного виходу з ладу електрообладнання можна розбити на три групи.

Перша група - причини зовнішнього характеру. До них відносяться: зага-

льний дефіцит електротехнічних виробів, нестача спеціалізованого обладнання спеціалізованого, низький рівень ремонту обладнання, погана якість електроенергії у електроприймачів, важкі умови роботи, дефекти монтажу, відсутність надійних захистів електроприймачів від аварійних режимів (до 75 % електродвигунів не мають надійного захисту від перевантажень).

Друга група причин пов'язана з виконанням проектних робіт. Це помилки при виборі електрообладнання по конструктивному виконанню, режимам роботи і умовам довілля, неправильний вибір захисту, помилки при обґрунтуванні штатної структури, визначенні резервного фонду обладнання.

Третя група причин обумовлена безпосередньо діяльністю електротехнічних служб і персоналу, обслуговуючого машини і механізми, використовувані на виробництві. Сюди слід віднести: неуккомплектованість кадрами і недостатній рівень кваліфікації електромонтерів, порушення правил технічної експлуатації електрообладнання, нерегулярне проведення технічних обслуговуванні і поточних ремонтів, незадовільні умови роботи електрообладнання, що створюються з вини обслуговуючого персоналу (попадання води в механізми, забруднення і т. д.), слабка технічна оснащеність електротехнічних служб.

2.2.1 Експлуатація електрообладнання

Підвищення надійності електрообладнання досягається низкою організаційних і технічних заходів.

Збиток від перерв живлення електроприймачів може бути зменшений шляхом узгодження часу і тривалості планових відключень, скорочення часу ремонтів електрообладнання організаціями, що енергозабезпечують, за рахунок застосування прогресивних методів роботи, складання мережевих графіків, раціонального використання робочої сили, машин і механізмів.

Підвищення надійності систем електропостачання можна досягти за рахунок використання глибокого введення, підвищення надійності і довговічності електричних мереж і, в першу чергу, лінійних ізоляторів. Ефективним засобом є секціонування і використання резервних електростанцій для живлення най-

більш відповідальних споживачів під час виникнення аварійних режимів. При цьому необхідно пам'ятати, що такі заходи як застосування резерву і скорочення довжини радіальних ліній не завжди виправдані економічно.

Підвищення надійності електрообладнання, приладів і засобів автоматизації в першу чергу може бути здійснено за рахунок розміщення електрообладнання в окремих приміщеннях, що захищає його від шкідливої дії довкілля. Доцільно герметизувати кришки електродвигунів, використати спеціальні інгібітори, проводити ту, що профілактичну, що підсушила ізоляції обмоток електричних машин за допомогою переносних пристроїв тиристорів в період пауз в роботі.

2.2.2 Ремонт електродвигуна

У електричних мережах необхідно поліпшити якість живлячої напруги і зменшити його несиметрію. При цьому регульований електропривод повинен стати подальшим ступенем в розвитку машин і механізмів. Електродвигуни доцільно придбавати в комплекті з пускозахисною і пускорегулювальною апаратурою.

Питання захисту електрообладнання від аварійних режимів є одними з основних у справі підвищення його безвідмовності і довговічності. Рекомендується замінити теплові реле із захисними елементами на дві фази на трифазні теплові реле. Це збільшить надійність захисту електродвигунів при несиметрії напруги.

Необхідно ширше впроваджувати спеціальні захисту (фазочутливий захист, вбудований температурний захист та ін.), що дозволить при правильному налаштуванні на 25 - 60% скоротити відмови із-за ушкоджень обмоток електричних машин. Детальніше про спеціальні види захит дивитесь тут: Вибір типу захисту електродвигунів

Слід зазначити складність з вибором і налаштуванням захит в умовах виробництва. Це обумовлено нерівномірним завантаженням машин, верстатів і механізмів, неправильним вибором електродвигунів в окремих випадках, силь-

ним впливом зовнішнього середовища на параметри електродвигунів і пускозахисної апаратури. У такій ситуації доцільно захист електроприводів і іншого обладнання по можливості налаштувати на місці установки.

2.2.3 Пошук несправностей при експлуатації електрообладнання

Для збільшення терміну служби електропроводок в приміщеннях із забрудненим середовищем рекомендується їх виконувати в каналах з ущільненням виходів, з'єднання дротів проводити скручуванням і подальшим зварюванням або опресовуванням, застосовувати ізоляційну стрічку типу ПХВ з попереднім і подальшим обволіканням конструкції перхлорвиниловим лаком. Металеві конструкції рекомендується покривати антикорозійним покриттям.

Одним з важливих напрямів підвищення надійності електрообладнання є своєчасне і якісне проведення профілактичних заходів, організовуваних електротехнічною службою. Вітчизняний і зарубіжний досвід, що мається, показує, що досить прогресивною формою обслуговування і ремонту є планово-запобіжна система ремонтів електрообладнання (ППР).

Підтверджена економічна ефективність організації роботи електротехнічних служб за таким принципом. На жаль, система ППР використовується не всюди. Основним напрямом вдосконалення існуючої системи обслуговування електрообладнання є перехід на нову стратегію обслуговування по поточному стану. Неодмінною умовою використання таких систем є створення і впровадження облаштувань діагностики, що дозволяють вирішити завдання контролю параметрів електротехнічного виробу в процесі експлуатації і виконати прогноз термінів проведення ремонтних заходів.

2.3 Заходи щодо забезпечення надійності роботи електротехнічних пристроїв

При розгляді працездатності будь-якого електротехнічного пристрою розрізняють три періоди його роботи : прироблення, нормальної експлуатації і зносу.

Період прироблення електротехнічного пристрою пов'язаний з початковим етапом роботи пристрою після його виготовлення і монтажу. У цей період часто виникають відмови, обумовлені короткочасним перевантаженням деталей, технологічними, виробничими і монтажними дефектами. Тривалість періоду прироблення для більшості електротехнічних пристроїв складає декілька десятків годинників.

Для зменшення відмов на надійність в період прироблення зазвичай прагнуть до того, щоб при зборці електротехнічного пристрою в заводських умовах, його монтажі, а також після великого ремонту в нім не використовувалися дефектні елементи. Для цього усі елементи комплектувань проходять попереднє відбракування до їх зборки - перевірку впродовж певного часу в умовах близьких до умов експлуатації. Наприклад, в електричних машинах постійного струму перед випуском їх з заводу виробника здійснюються притирання і прироблення щіток на колекторі або контактних кільцях, наладка підшипникових вузлів.

Важливе значення має тривалість часу прироблення, впродовж якого досягається надійність, що відповідає його нормальній роботі. Відмови в період часу прироблення надалі не роблять впливу на надійність пристрою під час його роботи.

Період нормальної експлуатації електротехнічного пристрою настає після закінчення періоду прироблення і на відміну від останнього може бути дуже тривалим і складати тисячі і десятки тисяч годинників. В період нормальної експлуатації пристрою зазвичай відбуваються раптові відмови.

В період нормальної експлуатації спостерігається найбільш низький, при-

близно постійний рівень інтенсивності раптових відмов і відповідно до цього надійність пристрою залишається приблизно однаковою впродовж усього періоду. Тривалість періоду нормальної експлуатації обмежується зносом його елементів.

Період зносу електротехнічного пристрою настає після закінчення періоду нормальної експлуатації. До раптових відмов елементів електротехнічного пристрою починають додаватися відмови внаслідок зносу, і загальна інтенсивність відмов зростає. Час T_r можна назвати середнім значенням часу довговічності електротехнічного пристрою з урахуванням зносу або його технічним ресурсом за умови відсутності ремонту. Проте при проведенні ремонту пристрою шляхом заміни зношених частин термін його служби може бути значно збільшений.

Час експлуатації пристрою при постійній інтенсивності відмов в роботі завжди менше довговічності, або технічного ресурсу. В той же час середній час безвідмовної роботи облаштування (чи середнє напрацювання до першої відмови), звичайний значно більше часу його довговічності, або технічного ресурсу. Наприклад, якщо впродовж періоду нормальної експлуатації інтенсивність раптових відмов в роботі пристрою невелика, то значення часу може бути дуже великим і вимірюватися десятками або сотнями тисяч годинників. Цей час вказує, наскільки надійний пристрій в період нормальної експлуатації.

Для характеристики надійності електротехнічного пристрою головним є період нормальної експлуатації, який пов'язаний з тривалою роботою при певних кліматичних і інших умовах. Цей період відповідає роботі електротехнічних облаштувань як одноразового, так і багатократного використання, період же зносу відноситься тільки до ремонтіваних облаштувань багатократного використання.

Ремонт електротехнічних пристроїв проводиться з метою знову використати зношене або пошкоджене устаткування і тим самим збільшити його термін служби. Кількість відремонтованих електротехнічних пристроїв часто перевищує випуск нових пристроїв. Тому дуже важливо правильно організувати ре-

монт електротехнічних пристроїв і добитися його високої якості. Несправності і ушкодження електротехнічних пристроїв і їх елементів можуть бути різними: раптові відмови, наприклад, тріщини, що виникають в результаті механічних ударів або нагріву, коротке замикання в обмотках, пробої ізоляції або поступові відмови, наприклад корозія, абразивний знос, старіння ізоляції.

Характер ремонту електротехнічних пристроїв визначається видом відмов. Раптові відмови усувають в ході так званого аварійного ремонту, який не може бути запланований заздалегідь. Поступові відмови елементів пристроїв не можна повністю усунути. Можна лише продовжити час, впродовж якого вони проявляються, наприклад зменшити швидкість зношування або старіння. Часткове усунення і попередження поступових відмов складає зміст планових ремонтів електротехнічних пристроїв.

Розроблена спеціальна система планово-запобіжного ремонту і технічного обслуговування електротехнічних пристроїв. У ній передбачається виконання наступних видів робіт :

- технічне обслуговування (щоденний огляд пристроїв, їх мастило, очищення від пилу, бруд і усунення дрібних несправностей); технічні огляди (визначення стану пристроїв і виявлення об'єму підготовчих робіт, що підлягають виконанню при черговому ремонті, чищення устаткування і усунення дрібних несправностей без його розбирання);

- поточний ремонт — мінімальний за об'ємом ремонт, що забезпечує можливість продовження роботи пристрою до чергового капітального ремонту (очищення електроустаткування від пилу і бруду, усунення дрібних несправностей і ушкоджень, промивання підшипників електродвигунів і зміна в них олії, огляд і усунення несправностей в його пускорегулюючій апаратурі, зміна щіток; при поточному ремонті роблять розбирання устаткування пристроїв);

- капітальний ремонт (роботи по заміні або відновленню основних і, як правило, найбільш складних елементів пристроїв : перемотування обмоток статора електродвигуна, зміна виводів вимикача високої напруги, усунення ушкоджень перемикального облаштування силового трансформатора та ін., при ка-

пітальному ремонті виконують часткове або повне розбирання ремонтованих пристроїв).

Поточні ремонти проводять у декілька разів частіше, ніж капітальні. Терміни між оглядами і ремонтами електротехнічних пристроїв встановлюють відповідно до вказівок заводу-виробника, діючих правил технічної експлуатації електроустановок.

Встановлення періодичності оглядів і ремонтів дозволяє найправильніше планувати і організувати їх, а також пов'язувати їх виконання з роботою підприємства, завантаженням ремонтного персоналу і наявністю необхідних матеріалів і устаткування. Щоб не порушувати нормальну діяльність підприємства внаслідок простою устаткування, роботи по поточному і капітальному ремонті виконують в строго визначені і встановлені терміни.

У ряді випадків капітальний ремонт електротехнічного пристрою може бути проведений незалежно від настання встановленого для нього терміну. Наприклад, може бути зроблений капітальний ремонт силового трансформатора, у якого виявлено різке зниження опору ізоляції, пошкоджені обмотки, виводи та ін., або електротехнічного пристрою, що має ушкодження, що перешкоджає подальшій нормальній його експлуатації або що представляє загрозу безпеки обслуговуючого персоналу.

Правильне оформлення документації сприяє поліпшенню організації ремонтних робіт, крім того, дозволяє отримати необхідне уявлення про стан устаткування електротехнічних пристроїв і на цій основі правильно встановити терміни і об'єми чергових ремонтів. Відомості дефектів дають повне уявлення про стан устаткування електротехнічних пристроїв і тому дозволяють завчасно і точно визначити об'єм і характер майбутніх робіт. У журналі або на бланках роблять запис об виконання поточного ремонту. Спеціальними актами прийомудачі ремонтних робіт оформляють виконання капітальних ремонтів.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Загальна характеристика деревопереробного підприємства

Перелік технологічного обладнання деревопереробного підприємства зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Перелік технологічного обладнання деревопереробного підприємства

№ з/п	Технологічне обладнання	Встановлена активна потужність, $P_{вст}$, кВт	$\cos\varphi$	Коефіцієнт попиту, K_n	$tg\varphi$
1	Круглопилочний верстат	320	0,8	0,7	0,75
2	Корувальний верстат	200	0,8	0,7	0,75
3	Круглопилочний верстат	320	0,8	0,7	0,75
4	Круглопилочний верстат	320	0,8	0,7	0,75
5	Обрізний модуль	160	0,8	0,7	0,75
6	Водогрійний котел	265	0,8	0,7	0,75
7	Технологічне обладнання	270	0,8	0,7	0,75
8	Технологічне обладнання	254	0,8	0,7	0,75
9	Фрезерно-брусувальний верстат	280	0,8	0,7	0,75
10	Технологічне обладнання	276	0,8	0,7	0,75
11	Технологічне обладнання	80	0,8	0,7	0,75
12	Водогрійний котел	265	0,8	0,7	0,75
13	КПП	8	0,95	0,9	
14	Сушильні камери	214	0,8	0,85	0,75
15	Лінія сухого сортування	200	0,8	0,6	
16	Технологічне обладнання	80	0,8	0,7	0,75
17	Лінія сортування колод	262	0,8	0,5	0,75
18	Насосна пожежогасіння	30	0,85	0,5	
19	Лінія сирого сортування	350	0,8	0,6	
20	Сушильні камери	286	0,8	0,85	0,75
21	КПП2	8	0,95	0,9	
22	Лінія сухого сортування	200	0,8	0,6	
23	Склад готової продукції	51	0,8	0,7	

Електричне освітлення

На деревопереробному підприємстві передбачено наступні види освітлення :

- робоче;
- аварійне і евакуаційне;
- зовнішнє, включаючи чергове по території виробництва.

Робоче і аварійне освітлення в цьому проекті залишається незмінним. Електричні навантаження робочого і аварійного освітлення приведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Електричне освітлення деревопереробного підприємства

№ з/п	Приміщення	Встановлена активна потужність, $P_{вст}$, кВт	$tg\varphi$	Коефіцієнт попиту, K_n	$cos\varphi$
1	Лінія сухого сортування	50	0,75	1,0	0,8
2	Лісопильний цех	20	0,75	1,0	0,8
3	Котельня	20	0,75	1,0	0,8
4	Лінія сирого сортування	50	0,75	1,0	0,8
5	Корувальний верстат	15	0,75	1,0	0,8
6	Склад готової продукції і сушильних камер	23	0,75	1,0	0,8
7	Лінія сортування колод	50	0,75	1,0	0,8

Електропостачання деревопереробного підприємства передбачене від ЗРП – 10 кВ ПС 110/35/10 кВ .

Для приєднання КТП підприємства споруджуються дві одноколові лінії ПЛ – 10 кВ на залізобетонних опорах, передбачається провід марки СП – 3 (замість ПЛ – 10 кВ на дерев'яних опорах з проводом марки АС – 95/16).

ПЛ – 10 кВ споруджується з урахуванням резервування споживачів I-ої категорії і збільшенням потужності підприємства на II етапі будівництва.

Загальна протяжність двох ліній складає 340 м . Від кінцевих опор ПЛ – 10 кВ до ЗРП – 10кВ ПС і КТП деревопереробного підприємства передбачена прокладення кабелів.

3.2 Розрахунок електричних навантажень підприємства

Проводиться групування електроприймачів у вузли з урахуванням їх характеристик (номінальної потужності і режиму роботи) і територіального розташування.

Розподіл технологічного обладнання по вузлах був зроблений таким чином:

ВРП1 – лінія сортування колод, *КПП2*, щит освітлення лінії сортування колод;

ВРП2 – корувальний верстат, ЩО приміщення корувального верстата;

РЩ3 – технологічне обладнання лісопильного цеху ЩО лісопильного цеху;

ЩУ КВ1 – круглопилочний верстат;

ЩУ КВ2 – круглопилочний верстат;

ЩУ КВ3 – круглопилочний верстат;

ЩУ ФБВ – фрезерно-брусковий верстат;

ЩУ ОМ – обрізний модуль;

ВРП4 – технологічне обладнання котельною, ЩО котельної;

РЩ ВК1 – водогрійний котел;

РЩ ВК2 – водогрійний котел;

ВРП5 – сушильна камера, ЩО сушильна камер;

ВРП6 – сушильна камера;

ВРП7 – склад-навіс готової продукції, *КПП-1*, ЩО складу-навісу готової продукції;

ВРП8 – лінія сухого сортування дошок, ЩО лінії сухого сортування дошок;

ВРП9 – лінія сирого сортування, ЩО лінії сирого сортування;

ВРП10 – насосна пожежогасіння;

ЩУО – зовнішнє освітлення підприємства.

3.2.1 Визначення розрахункової потужності технологічного обладнання

Розрахунок електричних навантажень технологічного обладнання підприємства проведемо методом коефіцієнта попиту.

Звідси, розрахункове навантаження групи електроприймачів визначають з виразів

$$P_p = P_{уст} \cdot K_n; \quad (3.1)$$

$$Q_p = P_p \cdot tg\varphi, \quad (3.2)$$

де P_p - активна потужність групи електроприймачів, $кВт$;

$P_{уст}$ - номінальна активна потужність електроприймачів, $кВт$;

Q_p - реактивна потужність групи електроприймачів, $кВАр$;

K_n - коефіцієнт попиту цієї характерної групи електроприймачів;

$tg\varphi$ - коефіцієнт реактивної потужності.

Розрахункове навантаження вузла СЕП визначають за виразом:

$$S_p = \sqrt{(\sum P_p)^2 + (\sum Q_p)^2} \cdot K_{р.м.}, \quad (3.3)$$

де S_p - розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі, $кВА$;

$\sum P_p$ - активна потужність електроприймачів у вузлі, $кВт$;

$\sum Q_p$ - реактивна потужність електроприймачів у вузлі, $кВАр$;

$K_{р.м.}$ - коефіцієнт різночасності максимумів навантаження окремих груп приймачів, що приймається в розрахунках .

Розрахунок навантаження вузла ВРП-1

- розрахункова активна потужність лінії сортування колод

$$P_{р.ЛСК} = 262 \cdot 0,5 = 131 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність КПП-2

$$P_{р.КПП2} = 8 \cdot 0,9 = 7,2 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО ЛСК

$$P_{p.ЩОЛСК} = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ВРП1} = P_{p.ЛСК} + P_{p.КПП2} + P_{p.ЩОЛСК}, \quad (3.4)$$

$$\sum P_{p.ВРП1} = 131 + 7,2 + 50 = 188,2 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність ЛСК

$$Q_{p.ЛСК} = 131 \cdot 0,75 = 98,25 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність КПП2

$$Q_{p.КПП2} = 7,2 \cdot 0,33 = 2,376 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО ЛСК

$$Q_{p.ЩОЛСК} = 50 \cdot 0,75 = 37,5 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.ВРП1} = Q_{p.ЛСК} + Q_{p.КПП2} + Q_{p.ЩОЛСК}, \text{ кВАр} \quad (3.5)$$

$$\sum Q_{p.ВРП1} = 98,25 + 2,376 + 37,5 = 138 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі визначається згідно формули (3.3)

$$S_{p.ВРП1} = \sqrt{188,2^2 + 138^2} = 233,5 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-1:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (3.6)$$

де U_n - номінальна напруга мережі, $U_n = 0,38 \text{ кВ}$;

$$I_{p.ВРП1} = \frac{233,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 354,7, \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-2

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол, визначається згідно формули (3.1) :

- розрахункова активна потужність корувального верстата

$$P_{p.KB} = 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО КВ

$$P_{p.ЩОКВ} = 15 \cdot 0,1 = 15 \text{ кВт},$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ВРП2} = P_{p.KB} + P_{p.ЩОКВ}, \quad (3.7)$$

$$\sum P_{p.ВРП2} = 140 + 15 = 155 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність корувального верстата (КВ)

$$Q_{p.KB} = 140 \cdot 0,75 = 105 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО КВ

$$Q_{p.ЩОКВ} = 15 \cdot 0,75 = 11,25 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.ВРП2} = Q_{p.KB} + Q_{p.ЩОКВ}, \quad (3.8)$$

$$\sum Q_{p.ВРП2} = 105 + 11,25 = 116,25 \text{ кВАр кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.ВРП2} = \sqrt{155^2 + 116,25^2} = 193,75 \text{ кВА кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-2:

$$I_{p.ВРП2} = \frac{193,75}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 294,37$$

Розрахунок навантаження вузла РЩ-3

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність технологічного обладнання лісопильного цеху

$$P_{p.TV1} = 254 \cdot 0,7 = 177,8 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність технологічного обладнання лісопильного цеху

$$P_{p.TV2} = 270 \cdot 0,7 = 189 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність технологічного обладнання лісопильного цеху

$$P_{p.TV3} = 276 \cdot 0,7 = 193,2 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО лісопильного цеху

$$P_{p.ЩОЛЦ} = 20 \cdot 1,0 = 20 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.РЦЗ} = P_{p.TV1} + P_{p.TV2} + P_{p.TV3} + P_{p.ЩОЛЦ}, \quad (3.9)$$

$$\sum P_{p.РЦЗ} = 177,8 + 189 + 193,2 + 20 = 580 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність технологічного обладнання лісопильного цеху

$$Q_{p.TV1} = 177,8 \cdot 0,75 = 133,35 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність технологічного обладнання лісопильного цеху

$$Q_{p.TV2} = 189 \cdot 0,75 = 141,75 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність технологічного обладнання лісопильного цеху

$$Q_{p.TV3} = 193,2 \cdot 0,75 = 144,9 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО лісопильного цеху

$$Q_{p.ЩОЛЦ} = 20 \cdot 0,75 = 15 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.РЩ3} = Q_{p.TV1} + Q_{p.TV2} + Q_{p.TV3} + Q_{p.ЩОЛЦ}, \quad (3.10)$$

$$\sum Q_{p.РЩ3} = 133,35 + 141,75 + 144,9 + 15 = 435 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.РЩ3} = \sqrt{580^2 + 435^2} = 725 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла РЩ-3:

$$I_{p.РЩ3} = \frac{725}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 950 \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла ЩУ КВ-1

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність круглопильного верстата

$$P_{p.КВ1} = 320 \cdot 0,7 = 224 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ЩУКВ1} = P_{p.КВ1}, \quad (3.11)$$

$$\sum P_{p.ЩУКВ1} = 224 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність круглопилочного верстата

$$Q_{p.КВ1} = 224 \cdot 0,75 = 168 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.ЩУКВ1} = Q_{p.КВ1}, \quad (3.12)$$

$$\sum Q_{p.ЩУКВ1} = 168 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі :

$$S_{p.ЩУКВ1} = \sqrt{224^2 + 168^2} = 280 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла:

$$I_{p.ЩУКВ1} = \frac{280}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 425,4 \text{ А}.$$

Отримані значення P_p, Q_p, S_p, I_p для вузла ЩУ КВ-1 будуть однакові для вузлів ЩУ КВ-2, а також ЩУ КВ-3, тому розрахунок для них не виконується.

Розрахунок навантаження вузла ЩУ ФБВ

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність фрезерно-брусового верстата:

$$P_{p.ФБВ} = 280 \cdot 0,7 = 196 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ЩУФБВ} = P_{p.ФБВ}, \quad (3.13)$$

$$\sum P_{p.ЩУФБВ} = 196 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність фрезерно-брусового верстата:

$$Q_{p.ФБВ} = 196 \cdot 0,75 = 147 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.ЩУФБВ} = Q_{p.ФБВ}, \quad (3.14)$$

$$\sum Q_{p.ЩУФБВ} = 147 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі :

$$S_{p.ЩУФБВ} = \sqrt{196^2 + 147^2} = 245 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла:

$$I_{p.ЩУФБВ} = \frac{245}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 372,2 \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла ЩУ ОМ

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність модуля обрізу (ОМ)

$$P_{p.ОМ} = 160 \cdot 0,7 = 112 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ЩУОМ} = P_{p.ОМ}, \quad (3.15)$$

$$\sum P_{p.ЩУОМ} = 112 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол, визначається згідно формули (3.2) :

- розрахункова реактивна потужність модуля обрізу (ОМ)

$$Q_{p.ОМ} = 112 \cdot 0,75 = 84 \text{ кВАр.}$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.ЩУОМ} = Q_{p.ОМ}, \quad (3.16)$$

$$\sum Q_{p.ЩУОМ} = 84 \text{ кВАр.}$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.ЩУОМ} = \sqrt{112^2 + 84^2} = 140 \text{ кВа.}$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла

$$I_{p.ЩУОМ} = \frac{140}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 212,7 \text{ А.}$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-5

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність сушильної камери:

$$P_{p.СК1} = 214 \cdot 0,85 = 181,9 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО сушильних камер:

$$P_{p.ЩОСК} = 23 \cdot 1,0 = 23 \text{ кВт}$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum P_{p.ВРП5} = P_{p.СК1} + P_{p.ЩОСК}, \quad (3.17)$$

$$\sum P_{p.ВРП5} = 181,9 + 23 = 204,9 \text{ кВт.}$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність сушильної камери:

$$Q_{p.CK1} = 181,9 \cdot 0,75 = 136,42 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО сушарних камер:

$$Q_{p.ЩОСК} = 23 \cdot 0,75 = 17,25 \text{ кВАр}$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.ВРП5} = Q_{p.CK1} + Q_{p.ЩОСК}, \quad (3.18)$$

$$\sum Q_{p.ВРП5} = 136,42 + 17,25 = 153,67 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі :

$$S_{p.ВРП5} = \sqrt{204,9^2 + 153,67^2} = 256,12 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла:

$$I_{p.ВРП5} = \frac{256,12}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 389,13 \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-6

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність сушильних камер:

$$P_{p.CK2} = 286 \cdot 0,85 = 243,1 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ВРП6} = P_{p.CK2}, \quad (3.19)$$

$$\sum P_{p.ВРП6} = 243,1 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність сушильних камер:

$$Q_{p.CK2} = 243,1 \cdot 0,75 = 182,32 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.ВРП6} = Q_{p.CK2}, \quad (3.20)$$

$$\sum Q_{p.ВРП6} = 182,32 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі :

$$S_{p.ВРП6} = \sqrt{243,1^2 + 182,32^2} = 303,87 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-6:

$$I_{p.ВРП6} = \frac{303,87}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 461,7 \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-7

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність складу готової продукції:

$$P_{p.СН} = 51 \cdot 0,7 = 35,7 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність КПП-1:

$$P_{p.КПП1} = 8 \cdot 0,9 = 7,2 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО складу готової продукції:

$$P_{p.ЩОСН} = 23 \cdot 1,0 = 23 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.ВРП7} = P_{p.СН} + P_{p.КПП1} + P_{p.ЩОСН}, \quad (3.21)$$

$$\sum P_{p.ВРП7} = 35,7 + 7,2 + 23 = 65,9 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність складу готової продукції:

$$Q_{p.СН} = 35,7 \cdot 0,75 = 26,7 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність КПП1

$$Q_{p.КПП1} = 7,2 \cdot 0,33 = 2,37 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО складу готової продукції:

$$Q_{p.ЩОСН} = 23 \cdot 0,75 = 17,25 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum Q_{p.ВРП7} = Q_{p.СН} + Q_{p.КПП1} + Q_{p.ЩОСН}, \quad (3.22)$$

$$\sum Q_{p.ВРП7} = 26,7 + 2,37 + 17,25 = 46,32 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.VP17} = \sqrt{65,9^2 + 46,32^2} = 80,91 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-7:

$$I_{p.VP17} = \frac{80,91}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 123 \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-8

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність лінії сухого сортування:

$$P_{p.LCC1} = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність лінії сухого сортування:

$$P_{p.LCC2} = 200 \cdot 0,6 = 120 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО лінії сухого сортування:

$$P_{p.ЩОЛСС} = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі

$$\sum P_{p.VP18} = P_{p.LCC1} + P_{p.LCC2} + P_{p.ЩОЛСС}; \quad (3.23)$$

$$\sum P_{p.VP18} = 120 + 120 + 50 = 290 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність лінії сухого сортування:

$$Q_{p.LCC1} = 120 \cdot 0,75 = 90 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність лінії сухого сортування:

$$Q_{p.LCC2} = 120 \cdot 0,75 = 90 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО лінії сухого сортування:

$$Q_{p.ЩОЛСС} = 50 \cdot 0,75 = 37,5 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.VP18} = Q_{p.LCC1} + Q_{p.LCC2} + Q_{p.ЩОЛСС}, \quad (3.24)$$

$$\sum Q_{p.VP8} = 90 + 90 + 37,5 = 217,5 \text{ кВАр} .$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.VP8} = \sqrt{290^2 + 217,5^2} = 362,5 \text{ кВА} .$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-8:

$$I_{p.VP8} = \frac{362,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 550,76 \text{ А} .$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-9

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність лінії сирого сортування:

$$P_{p.ЛС} = 350 \cdot 0,6 = 210 \text{ кВт} ,$$

- розрахункова активна потужність ЩО лінії сирого сортування: (ЩО ЛС)

$$P_{p.ЩОЛС} = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ кВт} ,$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum P_{p.VP9} = P_{p.ЛС} + P_{p.ЩОЛС} , \quad (3.25)$$

$$\sum P_{p.VP9} = 210 + 50 = 260 \text{ кВт} .$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність лінії сирого сортування:

$$Q_{p.ЛС} = 210 \cdot 0,75 = 157,5 \text{ кВАр} ,$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО лінії сирого сортування:

$$Q_{p.ЩОЛС} = 50 \cdot 0,75 = 37,5 \text{ кВАр} .$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.VP9} = Q_{p.ЛС} + Q_{p.ЩОЛС} , \quad (3.26)$$

$$\sum Q_{p.VP9} = 157,5 + 37,5 = 195 \text{ кВАр} .$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.VP9} = \sqrt{260^2 + 195^2} = 325 \text{ кВА} .$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-9:

$$I_{p.ВРП9} = \frac{325}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 493,8 \text{ A}.$$

Розрахунок навантаження вузла ВРП-10

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол, визначається згідно формули (3.1) :

- розрахункова активна потужність насосної пожежогасіння: (НП)

$$P_{p.НП} = 30 \cdot 0,5 = 15 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum P_{p.ВРП10} = P_{p.НП}, \quad (3.27)$$

$$\sum P_{p.ВРП10} = 15 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність насосної пожежогасіння:

$$Q_{p.НП} = 15 \cdot 0,62 = 11,25 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.ВРП10} = Q_{p.НП}, \quad (3.28)$$

$$\sum Q_{p.ВРП10} = 11,25 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі:

$$S_{p.ВРП10} = \sqrt{15^2 + 11,25^2} = 18,75 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-10:

$$I_{p.ВРП10} = \frac{18,75}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 28,5 \text{ A}.$$

3.2.2 Визначення розрахункової потужності обладнання котельною

Обладнання котельної отримує живлення від ввідно-розподільчого пристрою ВРП і розподільних щитів РЩ ВК1 і РЩ ВК3 .

Розрахунок навантаження вузла ВРП-4

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність технологічного обладнання котельні:

$$P_{p.ТУК} = 80 \cdot 0,7 = 56 \text{ кВт},$$

- розрахункова активна потужність ЩО котельної: (ЩОК)

$$P_{p.ЩОК} = 20 \cdot 1,0 = 20 \text{ кВт},$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum P_{p.ВРП4} = P_{p.ТУК} + P_{p.ЩОК}, \quad (3.29)$$

$$\sum P_{p.ВРП4} = 56 + 20 = 76 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова реактивна потужність технологічного обладнання котельною:

$$Q_{p.ТУК} = 56 \cdot 0,75 = 42 \text{ кВАр},$$

- розрахункова реактивна потужність ЩО котельні:

$$Q_{p.ЩОК} = 20 \cdot 0,75 = 15 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.ВРП4} = Q_{p.ТУК} + Q_{p.ЩОК}, \quad (3.30)$$

$$\sum Q_{p.ВРП4} = 42 + 15 = 57 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі: визначається згідно формули (3.3)

$$S_{p.ВРП4} = \sqrt{76^2 + 57^2} = 115,1 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ВРП-4:

$$I_{p.ВРП4} = \frac{115,1}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 174,8 \text{ А}.$$

Розрахунок навантаження вузла РЩ ВК-1

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол:

- розрахункова активна потужність водогрійного котла:

$$P_{p.BK1} = 265 \cdot 0,7 = 185,5 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum P_{p.РЩВК1} = P_{p.BK1}, \quad (3.31)$$

$$\sum P_{p.РЩВК1} = 185,5 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол::

- розрахункова реактивна потужність водогрійного котла:

$$Q_{p.BK1} = 185,5 \cdot 0,75 = 139,12 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.РЩВК1} = Q_{p.BK1}, \quad (3.32)$$

$$\sum Q_{p.РЩВК1} = 139,12 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі: визначається згідно формули (3.3)

$$S_{p.РЩВК1} = \sqrt{185,5^2 + 139,12^2} = 231,87 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла:

$$I_{p.РЩВК1} = \frac{231,87}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 352,2 \text{ А}.$$

Отримані значення P_p, Q_p, S_p, I_p для вузла РЩ ВК-1 будуть однакові для вузла РЩ ВК-2, тому розрахунок для нього не виконується.

3.2.3 Визначення розрахункової потужності освітлювального навантаження

На території промислових підприємств об'єктами освітлення є автодороги, пішохідні доріжки, під'їзди до будівель, відкриті робочі майданчики, межі територій (охоронна зона).

Для освітлення території деревопереробного підприємства вибираємо прожектори типу *UMS 1000H* з металогалогенними лампами типу *ДРІ*,

номінальною потужністю $P_n = 1000 \text{ Вт}$, коефіцієнт потужності $\cos \varphi = 0,85$.
Прожектори передбачається закріпити по фасадах будівель і споруд.

Розрахунок кількості прожекторів

Розрахунок кількості прожекторів, необхідних для освітлення території підприємства, проводиться згідно методу питомої потужності.

Питома потужність визначається згідно формули:

$$\omega = m \cdot E_n \cdot K_3, \quad (3.33)$$

де E_n - нормована освітленість, лк , $E_n = 2$;

K_3 – коефіцієнт запасу;

m – коефіцієнт, що приймається для прожекторного освітлення з лампами ДРІ.

$$\omega = 0,14 \cdot 2 \cdot 1,5 = 0,42 \text{ Вт} / \text{м}^3.$$

Встановлена потужність усіх прожекторів визначається згідно формули

$$P_y = \omega \cdot S, \quad (3.34)$$

де S - площа освітлюваної поверхні.

$$P_y = 0,42 \cdot 77500 = 32,55 \text{ кВт}.$$

Необхідне число прожекторів N , що забезпечує освітленість E_n , визначається згідно формули

$$N = \frac{P_y}{P_n}, \quad (3.35)$$

де P_n - потужність однієї лампи, кВт.

$$N = \frac{32,55}{1} = 33 \text{ шт.}$$

Для встановлення приймаються 33 прожектори типу $UMS 1000H$ з металогалогенними лампами типу ДРІ, номінальною потужністю $P_n = 1000 \text{ Вт}$.

Розрахунок навантаження вузла ЩУО

Розрахункова активна потужність електроприймачів, що входять у вузол, визначається згідно формули:

- розрахункова активна потужність прожекторів зовнішнього освітлення:

$$P_{p.ПЗО} = 32,55 \cdot 1,0 = 32,55 \text{ кВт}.$$

Розрахункова активна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum P_{p.ЩУО} = P_{p.ПЗО}, \quad (3.36)$$

$$\sum P_{p.ЩУО} = 32,55 \text{ кВт}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів, що входять у вузол::

- розрахункова реактивна потужність прожекторів зовнішнього освітлення:

$$Q_{p.ПЗО} = 32,55 \cdot 0,62 = 20,18 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова реактивна потужність електроприймачів у вузлі:

$$\sum Q_{p.ЩУО} = Q_{p.ПЗО}, \quad (3.37)$$

$$\sum Q_{p.ЩУО} = 20,18 \text{ кВАр}.$$

Розрахункова повна потужність електроприймачів у вузлі::

$$S_{p.ЩУО} = \sqrt{32,55^2 + 20,18^2} = 38,3 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм електроприймачів вузла ЩУО:

$$I_{p.ЩУО} = \frac{38,3}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 58,19 \text{ А}.$$

3.2.4 Розрахунок сумарного навантаження на КТП

Отримані результати розрахунків силового та освітлювального навантаження занесемо в таблицю 3.3

Таблиця 3.3 – Навантаження на КТП

Найменування вузлів живлення	Розрахункова активна потужність	Розрахункова реактивна потужність	Розрахункова повна потужність	Розрахунковий струм
ВРП1	188,2	138,12	233,45	354,7
ВРП2	155	116,25	193,75	294,37
ВРП4	76	57	115,1	174,8
РЩ ВК1	185,5	139,12	231,87	352,2
РЩ ВК2	185,5	139,12	231,87	352,2
ВРП5	204,9	153,67	256,12	389,13
ВРП6	243,1	182,32	303,87	461,7
ВРП8	290	217,5	362,5	550,76
ВРП9	260	195	325	493,8
Разом по ШМА - 1	1788	1338	2233	
ШМА - 2				
РЩ3	580	435	725	950
ЩУ КВ1	224	168	280	425,4
ЩУ КВ2	224	168	280	425,4
ЩУ КВ3	224	168	280	425,4
ЩУ ФБВ	196	147	245	372,2
ЩУ ОМ	112	84	140	212,7
ВРП7	65,9	46,32	80,91	123
ВРП10	15	11,25	18,75	28,5
ЩУО	32,55	20,18	38,3	58,19
Разом по ШМА - 2	1673	1247	2086	
Разом по КТП	3461	2585	4320	

Обчислимо розрахунковий струм магістрального шинопроводу ШМА-1 і ШМА-2 трансформаторних підстанції :

$$I_{p.ШМА-1} = \frac{2233}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3396 \text{ A.}$$

$$I_{p.ШМА-2} = \frac{2086}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 3173 \text{ A.}$$

4 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

4.1 Вибір числа і потужності трансформаторів на підстанції

Оскільки електроприймачі деревопереробного підприємства по категорії надійності електропостачання відносяться до споживачів II і I категорії, то на підстанції прийняті для встановлення два трансформатори.

Номинальна потужність одного трансформатора складає:

$$S_{нт} = \frac{S_{р.ПП}}{N \times K_{зав}}, \quad (4.1)$$

де N - число трансформаторів;

$K_{зав}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора.

Найвигідніше завантаження цехових трансформаторів залежить від категорії надійності споживачів електроенергії, від числа трансформаторів і способу резервування. При переважанні навантажень другої категорії для двохтрансформаторних підстанцій у разі взаємного резервування трансформаторів по нижчій напрузі рекомендується приймати:

$$S_{нт} = \frac{4320}{2 \times 0,7} = 3085 \text{ кВА кВА.}$$

Приймаємо до встановлення *КТПЗ* на два трансформатори одиничною потужністю $S_{нт} = 2500 \text{ кВА}$.

Перевіряємо встановлену потужність трансформаторів в аварійному режимі. Повинна виконуватися умова:

$$1,4 \cdot S_{нт} > 0,7 \cdot S_{р.ПП} \quad (4.2)$$

$$1,4 \cdot S_{нт} = 1,4 \cdot 2500 = 3500 \text{ кВА} > 0,7 \cdot S_{р.ПП} = 0,7 \cdot 4320 = 3024 \text{ кВА.}$$

Отже, вибрані потужності трансформаторів забезпечують електропостачання як в нормальному, так і в аварійному режимах.

Приймаємо до встановлення два силові трансформатори *2ТМЗ – 2500 – 10 / 0,4*.

4.2 Компенсация реактивной мощности

Потужність компенсуючого пристрою $Q_k, \text{кВАр}$, визначається як різниця між фактичною найбільшою реактивною потужністю $\sum Q_{p.ТП}, \text{кВАр}$, навантаження підприємства і граничною реактивною потужністю $Q_E, \text{кВАр}$, що надається підприємству енергосистемою за умовами режиму її роботи:

$$Q_k = \sum Q_{p.ТП} - Q_e = \sum P_{p.ТП} \cdot (tg\varphi_p - tg\varphi_e), \quad (4.3)$$

де $tg\varphi_p$ - фактичний тангенс кута, що відповідає потужностям навантаження

$\sum Q_{p.ТП}$ і $\sum P_{p.ТП}$, коефіцієнт потужності до компенсації $\cos\varphi_p = 0,8$,

$$tg\varphi_p = \frac{\sum Q_{p.ТП}}{\sum P_{p.ТП}};$$

$tg\varphi_e$ – оптимальний тангенс кута, що приймається для цього типу виробництва :

$$tg\varphi_p = \frac{2585}{3461} = 0,74;$$

$$Q_k = 3461 \cdot (0,74 - 0,35) = 3461 \cdot 0,39 = 1350.$$

Приймаються до встановлення дві конденсаторні установки типу:

КРП (УКМ58) – 0,4 – 675 – 25 УХЛ4.2, що підключаються до шин розподільного пристрою *РП – 0,4 кВ*.

Реактивна потужність після компенсації визначається згідно формули:

$$Q_{п.к} = \sum Q_{p.ТП} - Q_k, \quad (4.4)$$

$$Q_{п.к} = 2585 - 1350 = 1235 \text{кВАр}.$$

Повна потужність після компенсації визначається

$$S_{п.к} = \sqrt{(\sum P_{p.ТП})^2 + Q_{п.к}^2}, \quad (4.5)$$

$$S_{п.к} = \sqrt{3461^2 + 1235^2} = 3675 \text{кВАр}.$$

Коефіцієнт потужності після компенсації визначається згідно формули:

$$\cos\varphi_{п.к} = \frac{\sum P_{p.ТП}}{S_{п.к}}, \quad (4.6)$$

$$\cos \varphi_{п.к} = \frac{3461}{3675} = 0,94$$

4.3 Компонування проектованої комплектної трансформаторної підстанції зовнішньої установки

КТП складаються з наступних основних частин:

- пристроїв високої напруги;
- силових трансформаторів;
- розподільних пристроїв низької напруги.

Приймаємо для встановлення комплектну трансформаторну підстанцію зовнішньої установки (*КТПЗ*) *2КТПТ – 2500 / 10 / 0,4 – 2000 КК*

Таблиця 4.1 – Основні технічні дані КТПЗ

Найменування параметру	Значення параметру для <i>КТПЗ</i> потужністю 2500 кВА
Номінальна напруга на стороні ВН, кВ	10
Номінальна напруга на стороні НН, кВ	0,4
Найбільша робоча напруга на стороні ВН, кВ	12
Струм електродинамічної стійкості на стороні ВН, кА	51
Струм термічної стійкості на стороні НН, кА	40
Струм електродинамічної стійкості на стороні НН, кА	100
Струм термічної стійкості на стороні ВН, кА	31,5
Струм збірних шин (на стороні НН), кА	3,61

Пристрої високої напруги комплектної трансформаторної підстанції

Ввід напруги 10 кВ здійснюється високовольтним кабелем.

Пристрої високої напруги (*ПВН*) *КТП* тупикового типу складається з камер введення напруги *КСО – 399*.

В якості *ПВН КТП* деревопереробного підприємства використовуються дві камери *КСО – 399*. У камерах необхідно встановити:

- вакуумні вимикачі *ВВ / TEL – 10* :

- номінальний струм $I_n = 1600 \text{ A}$;
- номінальний струм відключення $I_{\text{відкл}} = 20 \text{ кА}$;
- струм електродинамічної стійкості $I_{\text{ел.дин.}} = 20 \text{ кА}$;
- номінальна напруга приводу кіл $U_{\text{н.пр}} = 220 \text{ В}$.
- трансформатори струму $ТОЛ - 10 \text{ УЗ}$
 - коефіцієнт трансформації $50 - 1500 / 5$;
 - струм термічної стійкості 40 кА .

Компонування розподільного пристрою 0,4 кВ

На напругу $0,4 \text{ кВ}$ прийнята схема розподільного пристрою (РП) «Одна одиночна, секціонована вимикачем система шин».

Живлення секцій шин здійснюється від силових трансформаторів, підключених до щита $0,4 \text{ кВ}$ через автоматичні вимикачі.

РП – 0,4 кВ укомплектовано панелями *ЩО70*.

Панелі розподільних щитів *ЩО70* призначені для комплектування розподільних пристроїв напругою $380 / 220 \text{ В}$ змінного струму частотою 50 Гц , що служать для прийому і розподілу електричної енергії, захисту від перевантажень і струмів короткого замикання.

Компонування проектного *РП – 0,4 кВ* :

Ввідні панелі - *ЩО70 – 08 – 19УЗ* - шинне введення;

На ввідних панелях встановлена комутаційна і захисна апаратура, трансформатори струму, амперметри і вольтметр.

На ввідній панелі може бути, за наявності вимог опитувального листа, встановлений трансформатор струму на нульовому виводі від силового трансформатора для здійснення захисту від замикання на землю. Ввідні панелі можуть комплектуватися щитком з активним і реактивним лічильниками.

На панелях з автоматичними вимикачами розташовуються стаціонарні (невисувні) вимикачі серії *Э40В* на струми $2500, 4000 \text{ А}$.

Лінійні панелі - *ЩО70 – 05 – 19УЗ* ;

На відходящих лініях панелей встановлюється комутаційна і захисна апаратура, а також трансформатори струму і амперметри в кожній фазі відходящої лінії.

Панелі виготовляються з рубильниками і запобіжниками або автоматичними вимикачами.

На панелях з автоматичними вимикачами розташовуються вимикачі серії *ВА-52* на номінальний струм 100, 160, 250, 400 і 630 А, а також серії *ВА-55* на номінальний струм 800, 1000, 1250 і 1600 А.

Секційні панелі - *ЩО70-06-19У3* ;

Секційні панелі призначені для секціонування шин розподільного пристрою в тих випадках, коли кожна з секцій нормально отримує живлення від окремого трансформатора. За допомогою цих панелей комплектуються розподільні пристрої двохтрансформаторних підстанцій.

Панелі виготовляються з рубильниками або автоматичними вимикачами.

На панелях з автоматичними вимикачами розташовуються вимикачі серії *Э40В* на номінальний струм 4000 А.

Панель з апаратурою автоматичного включення резерву (*АВР*).

Панель призначена для двотрансформаторної підстанції, в якій необхідно передбачити автоматичне включення резерву.

У комплектній трансформаторній підстанції зовнішньої установки застосовано гібридне тиристорно-контактне автоматичне введення резерву (*ТАВР*).

Автоматичне включення резерву забезпечується апаратурою, встановленою в двох панелях: секційною і тиристорно-контактним автоматичним введенням резерву. У тиристорно-контактному автоматичному введенні резерву встановлений трифазний ключ тиристора змінного струму.

У панелях розподільного пристрою також передбачена установка трансформаторів струму типу *ТШН*.

Схема головних електричних з'єднань комплектної трансформаторної підстанції зовнішньої установки представлена на кресленні 4.

4.4 Вибір схеми електропостачання і розрахунок мережі НН

4.4.1 Розрахунок перерізів провідників по нагріву і втраті напруги

Як приклад буде здійснений вибір провідників одного кола від панелі РП – 0,4 кВ до ВРП2 .

Переріз по нагріву тривалим розрахунковим струмом визначається з умови:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{тр}}}{K_{\text{попр}}}, \quad (4.7)$$

де $I_{\text{доп}}$ - допустимий струм, А ;

$I_{\text{тр}}$ – тривалий розрахунковий струм, що приймається для групи електроприймачів , А;

$K_{\text{попр}}$ – поправочний коефіцієнт на умови прокладення проводів і кабелів, за номінальних умов прокладення .

Втрати напруги в цехових мережах, виконаних проводом або кабелем, визначаються за виразом

$$\Delta U \% = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot 100}{U_n} \cdot (r_{\text{нит}} \cdot \cos \varphi + x_{\text{нит}} \cdot \sin \varphi), \quad (4.8)$$

де I_p - розрахунковий струм лінії, А;

L - довжина лінії, м;

$\cos \varphi, \sin \varphi$ – відповідні коефіцієнти потужності споживача;

$r_{\text{нит}}, x_{\text{нит}}$ – відповідно питомі активні і індуктивні значення опорів кабелів, мОм / м .

Приклад розрахунку для кола РП – 0,4 кВ – ВРП2 .

$$I_p = 294,37 \text{ А}, L = 90 \text{ м},$$

$$\frac{I_{\text{тр}}}{K_{\text{попр}}} = \frac{294,37}{1} = 294,37 \text{ А}.$$

Для лінії РП – 0,4 кВ – ВРП2 вибираємо кабель ПБВГнг 4×150 мм² (ТУ 16.К71–090–2002), для якого тривало допустимий струм складає $I_{\text{доп}} = 310 \text{ А}$ питомі опори $r_{\text{ном}} = 0,124, \text{ мОм} / \text{ м}$, $x_{\text{ном}} = 0,079, \text{ мОм} / \text{ м}$.

Зробимо перевірку вибраного кабелю по втраті напруги. Втрата напруги не повинна перевищувати 5% .

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 294,37 \cdot 90 \cdot 100}{380} \cdot (0,124 \cdot 0,8 + 0,079 \cdot 0,75) = 1,9\% .$$

Втрата напруги не перевищують 5%, отже для лінії РП – 0,4 кВ – ВРП2 вибраний кабель ПБВГнг 4×150 мм² .

Результати вибору кабелів для інших електроприймачів зведемо в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вибір силових кабелів, що живлять розподільчі пристрої підприємства від РП – 0,4 кВ

Позначення РП	Розрахунковий струм , А	Тип кабелю, переріз, мм ²	Тривало допустимий струм , А	Довжина лінії L, м	Втрата напруги ,%
ВРП-1	354,7	2ПБВГнг4×95	240	280	2,45
РЩ-3	950	4ПБВГнг4×185	384	100	1,5
ВРП-4	174,8	ПБВГнг4×70	201	70	1,4
ВРП-5	389,13	2ПБВГнг4×95	240	180	3,43
ВРП-6	461,7	2ПБВНнг4×150	310	230	3,3
ВРП-7	123	ПБВГнг4×95	240	250	3
ВРП-8	550,76	2ПБВГнг4×150	310	100	1,86
ВРП-9	493,8	2ПБВГнг4×150	310	100	1,77
ВРП-10	493,8	2ПБВГнг4×150	310	150	2,5
ЩУО	58,19	ПБВГнг4×35	137	10	0,12
ЩУ КВ1	425,4	2ПБВГнг4×150	310	100	1,4
ЩУ КВ2	425,4	2ПБВГнг4×150	310	100	1,4
ЩУ КВ3	425,4	2ПБВГнг4×150	310	100	1,4
ЩУ ФБВ	372,2	2ПБВГнг4×150	310	100	1,2
ЩУ ОМ	212,7	ПБВГнг4×150	310	100	1,4
РЩ ВК1	352,2	2ПБВГнг4×150	310	70	1,6
РЩ ВК2	352,2	2ПБВГнг4×150	310	70	1,6

4.4.2 Розрахунок струмів короткого замикання в мережі нижчої напруги і вибір комутаційної апаратури

Для установок напругою до 1 кВ при розрахунках струмів короткого замикання допускають, що потужність живлячої системи не обмежена і напруга на стороні вищої напруги понижуючого трансформатора є незмінною.

Опори елементів системи електропостачання вищої напруги приводять до нижчого згідно формули:

$$x_n = x_e \cdot \left(\frac{U_{HH}}{U_{BH}} \right)^2, \quad (4.9)$$

де x_n - реактивний опір елементу нижчої напруги, *МОм* ;

x_e – реактивний опір елементу вищої напруги, *МОм* ;

U_{HH}, U_{BH} – номінальна напруга на нижчій і вищій сторонах.

Вибір захисної апаратури здійснюється після розрахунку ударних струмів,

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_k \cdot K_{y\partial}, \quad \kappa A \quad (4.10)$$

де I_k - струм трифазного короткого замикання, *кА* ;

$K_{y\partial} = f(x/r)$ – значення ударного коефіцієнта, визначуваного по кривих [6], а при $x/r \leq 0,5$ $K_{y\partial} = 1$.

Розрахуємо струм короткого замикання в точці К-1 (рис. 4.1).

Визначаємо опір елементів одній лінії на вищій стороні згідно формул

$$x_{\sum 10} = x_{y\partial} \cdot L; \quad (4.11)$$

$$r_{\sum 10} = r_{y\partial} \cdot L, \quad (4.12)$$

де L - довжина лінії, що живить трансформатор Т1, $L = 420$ м .

$$x_{\sum 10} = 0,077 \cdot 420 = 32,34 \text{ МОм},$$

$$r_{\sum 10} = 0,13 \cdot 420 = 54,6.$$

Опори системи вищої напруги приводимо до напруги $U_{HH} = 0,4$ кВ згідно формули:

$$x_{\Sigma 10;0,4} = x_{\Sigma 10} \cdot \left(\frac{U_{\text{HH}}}{U_{\text{HE}}} \right)^2; \quad (4.13)$$

$$r_{\Sigma 10;0,4} = r_{\Sigma 10} \cdot \left(\frac{U_{\text{HH}}}{U_{\text{HE}}} \right)^2. \quad (4.14)$$

Підставляємо числові значення у вирази (4.13) і (4.14)

$$x_{\Sigma 10;0,4} = 32,34 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,051 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma 10;0,4} = 54,6 \cdot \left(\frac{0,4}{10} \right)^2 = 0,08 \text{ мОм}.$$

Визначаємо опір трансформатора Т1 згідно формул

$$r_{\text{T}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \cdot U_{\text{H}}^2}{S_{\text{HT}}^2}; \quad (4.15)$$

$$x_{\text{T}} = \sqrt{\left(\frac{u_{\text{к}} \%}{100} \right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{\text{к}}}{S_{\text{HT}}} \right)^2} \cdot \frac{U_{\text{H}}^2}{S_{\text{HT}}} \cdot 10^6, \quad (4.16)$$

де $U_{\text{H}} = 0,4 \text{ кВ}$ - номінальна напруга мережі;

S_{HT} – номінальна потужність трансформатора, кВА ;

$\Delta P_{\text{к}}$ – потужність втрат короткого замикання, $\Delta P_{\text{к}} = 25 \text{ кВт}$;

$u_{\text{к}} \%$ – напруга короткого замикання $u_{\text{к}} = 5,5\%$.

$$r_{\text{T}} = \frac{25 \cdot 0,4^2}{2500^2} = 0,64 \text{ мОм},$$

$$x_{\text{T}} = \sqrt{\left(\frac{5,5}{100} \right)^2 - \left(\frac{25}{2500} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{2500} \cdot 10^6 = 3,46 \text{ мОм}.$$

Визначимо сумарні активні і реактивні опори до точки к.з. К.1 згідно формул

$$x_{\Sigma \text{K1}} = x_{\Sigma 10;0,4} + x_{\text{м}}; \quad (4.17)$$

$$r_{\Sigma \text{K1}} = r_{\Sigma 10;0,4} + r_{\text{м}} + r_{\text{дод}}, \quad (4.18)$$

де $r_{\text{дод}}$ - додатковий опір, що враховує перехідний опір контактів, мОм .

$$x_{\Sigma K1} = 0,051 + 3,46 = 3,5 \text{ мОм},$$

$$r_{\Sigma K1} = 0,08 + 0,64 + 15 = 15,72 \text{ мОм}.$$

Визначаємо повний опір лінії, що включає елементи $L, T1, r_{\text{дод}}$, мОм

$$z_{K1} = \sqrt{\left(x_{\Sigma K1}\right)^2 + \left(r_{\Sigma K1}\right)^2}, \quad (4.19)$$

$$z_{K1} = \sqrt{3,5^2 + 15,72^2} = 16$$

Оскільки в схемі є паралельна лінія з елементами $L', T2, r'_{\text{дод}}$ з параметрами, аналогічними параметрам елементів $L, T1, r_{\text{дод}}$, то повний опір елементів схеми до точки К.1 визначається згідно формули:

$$z_{\Sigma K1} = \frac{z_{K1}}{2}, \quad (4.20)$$

$$z_{\Sigma K1} = \frac{16}{2} = 8 \text{ мОм}.$$

Визначаємо струм короткого замикання в точці К1 на введенні нижчої напруги ТП згідно формули:

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot z_{\Sigma K1}}, \quad (4.21)$$

$$I_{K1} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 8} = 29 \text{ кА}.$$

Ударний струм в точці К1 визначається згідно формули: (4.10), де $K_{y\phi} = 1$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 29 \cdot 1 = 41 \text{ кА}.$$

Далі визначаємо струми к.з. і ударні струми на вводі в розподільчі пристрої, що живлять електроприймачі підприємства. Як приклад зробимо розрахунок струму к.з. і ударного струму в точці К.4.

Для визначення струму к.з. в точці К.3 необхідно додатково врахувати опори шинопроводів, кабельних ліній і перехідних опорів контактів.

Опори шинопроводу ШМА $r_{\text{ш}} = 0,013 \text{ мОм}$, $x_{\text{ш}} = 0,015 \text{ мОм/м}$, $L_{\text{ш}} = 70 \text{ м}$.

Опір кабельної лінії $РП - 0,4кВ - ВРП2$ $r_{num} = 0,124, мОм / м$,
 $x_{num} = 0,079, мОм / м$, довжина кабельної лінії $L2 = 90 м$.

Визначимо активний і індуктивний опір шинопроводу згідно формул

$$x_{\sum III} = x_{ш} \cdot L_{ш}; \quad (4.22)$$

$$r_{\sum III} = r_{ш} \cdot L_{ш}. \quad (4.23)$$

Підставляємо числові значення у вирази (4.22) і (4.23)

$$x_{\sum III} = 0,015 \cdot 70 = 1,05 мОм,$$

$$r_{\sum III} = 0,013 \cdot 70 = 0,91 мОм.$$

Визначимо активне і індуктивне опори кабельної лінії згідно формул

$$x_{\sum K} = x_{num} \cdot L_2; \quad (4.24)$$

$$r_{\sum K} = r_{num} \cdot L_2. \quad (4.25)$$

Підставляємо числові значення у вирази (4.24) і (4.25)

$$x_{\sum K} = 0,079 \cdot 90 = 7,11 мОм,$$

$$r_{\sum K} = 0,124 \cdot 90 = 11,16 мОм.$$

Визначимо сумарні активні і індуктивні опори до точки К.3 згідно формул

$$x_{\sum K3} = \frac{x_{\sum K1}}{2} + x_{\sum III} + x_{\sum K}; \quad (4.26)$$

$$r_{\sum K3} = \frac{r_{\sum K1}}{2} + r_{\sum III} + r_{\sum K} + r_{д1} + r_{д4} + r_{д5}, \quad (4.27)$$

де $r_{д1}, r_{д4}, r_{д5}$ - додатковий опір, що враховує перехідний опір контактів, $мОм$.

$$x_{\sum K3} = \frac{3,5}{2} + 1,05 + 7,11 = 9,91 мОм,$$

$$r_{\sum K3} = \frac{15,72}{2} + 0,91 + 11,16 + 20 + 20 + 20 = 79,93 мОм.$$

Повний опір до точки короткого замикання К.3 визначаємо згідно формули:

$$z_{K3} = \sqrt{\left(x_{\Sigma K3}\right)^2 + \left(r_{\Sigma K3}\right)^2}, \quad (4.28)$$

$$z_{K3} = \sqrt{9,91^2 + 79,93^2} = 80,54 \text{ мОм}.$$

Визначаємо струм короткого замикання в точці К3 згідно формули:

$$I_{K3} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot z_{K3}}, \quad (4.29)$$

$$I_{K3} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 80,54} = 2,87 \text{ кА}.$$

Ударний струм в точці К.3 визначається згідно формули: (4.10), де $K_{\text{уд}} = 1$

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 2,87 \cdot 1 = 4,06 \text{ кА}.$$

Аналогічно визначаються струми короткого замикання і ударні струми для інших точок КЗ (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Визначення струмів короткого замикання і ударних струмів

Точка КЗ на розрахунковій схемі	Повний опір до точки КЗ $z_{\text{к}}$, мОм	Струм короткого замикання $I_{\text{к}}$, кА	Ударний струм $i_{\text{уд}}$, кА
К2	76,58	3,02	4,72
К4	40,59	5,7	8,05
К5	86,77	2,66	3,7
К6	66,19	3,5	4,9
К7	63,38	3,6	5,1
К8	118,97	1,94	2,7
К9	54,4	4,25	6
К10	54,4	4,25	6
К11	57,83	3,99	5,65
К12	73,24	3,15	4,46
К13	54,4	4,25	6
К14	54,4	4,25	6
К15	54,4	4,25	6
К16	54,4	4,25	6
К17	54,4	4,25	6
К18	52,44	4,4	6,2
К19	52,44	4,4	6,2

Вибір комутаційної апаратури для розподільних пунктів

При виборі автоматичного вимикача існують наступні вимоги:

- номінальна напруга вимикача не повинна бути нижча напруги мережі. Відключаюча здатність повинна бути розрахована на максимальні струми короткого замикання, що проходять по захищуваному елементі;
- номінальний струм розчеплювача повинен бути не менше найбільшого розрахункового струму навантаження, що тривало протікає по захищуваному елементі;

$$I_{н.роз.} \geq I_p ; \quad (4.30)$$

- автоматичні вимикачі перевіряються на електродинамічну стійкість

$$i_{ел.дин.} \geq i_{уд} . \quad (4.31)$$

Як приклад виконаємо вибір автоматичного вимикача для розподільного пункту ВРП2 .

$$I_{р.ВРУ2} = 294,37 \text{ кА} \text{ (табл. 4.2 і 4.3).}$$

В якості ввідного автомата у ВРП2 приймаємо автомат типу ВА99м / 400А ЭКФ , номінальний струм якого $I_n = 400 \text{ А}$, струм розчеплювача $I_{н.роз.} = 310 \text{ А}$, струм електродинамічної стійкості $i_{ел.дин.} = 30 \text{ кА}$, номінальна напруга вимикача $U_{н.ВА99м} = 380 \text{ В}$.

Виконуємо перевірку згідно формул (4.30) і (4.31)

$$I_{н.роз.} = 310 \text{ А} \geq I_{р.ВРП2} = 294,34 \text{ А},$$

$$i_{ел.дин.} = 30 \text{ кА} \geq i_{уд.ВРП2} = 4,06 \text{ кА} .$$

Отже вибраний апарат підходить для установки у ВРП-2.

Характеристика апарату ВА99м / 400А .

В якості ввідно-розподільного пристрою ВРП-2 приймаємо панель типу ВРУ-8505Э. Панель розподільчого пристрою ВРУ – 8505Э призначена для прийому і розподілу електричної енергії, а також для захисту від перевантажень і струмів короткого замикання в трифазних електричних мережах напругою 380 / 220В змінного струму частотою 50 Гц .

Вибір комутаційної апаратури для трансформаторної підстанції

При установці більше одного автомата захисту на одній лінії, має бути дотримана селективність. По цій умові вибирається струм розчеплювача автомата на ТП

$$I_{\text{н.роз.ввідн.}} < I_{\text{н.роз.ТП}} \cdot \quad (4.32)$$

Для встановлення на ТП для захисту лінії ВРП-2 приймаємо автомат ВА52 – 39, номінальний струм якого $I_n = 400 \text{ А}$, струм розчеплювача $I_{\text{н.роз.}} = 400 \text{ А}$, струм електродинамічної стійкості $i_{\text{ел.дин.}} = 55 \text{ кА}$.

Аналогічно виконуємо вибір комутаційних апаратів для інших розподільних пунктів.

Таблиця 4.4 – Вибір комутаційної апаратури для розподільних пунктів

Позначення на схемі	Тип розподільної панелі	Апарат захисту на введенні		
		Марка	Номінальний струм I_n , А	Струм розчеплювача $I_{\text{н.роз.}}$, А
ВРП1	ВРУ-8505Э	ВА99М/400А ЭКФ	400	400
РЦЗ	ЩО70Э-3-19У3	ВА99М/1600А ЭКФ	1250	1000
ВРП4	ВРУ-8505Э	ВА99М/250А ЭКФ	250	200
ВРП5	ВРУ-8505Э	ВА99М/800А ЭКФ	500	500
ВРП6	ВРУ-8505Э	ВА99М/800А ЭКФ	630	500
ВРП7	ВРУ-8505Э	ВА99М/160А ЭКФ	160	125
ВРП8	ВРУ-8505Э	ВА99М/800А ЭКФ	630	630
ВРП10	ВРУ-8505Э	ВА99М/800А ЭКФ	160	100
ЩУО	ССФЕ - 3В	ВА99М/160А ЭКФ	160	100
ЩУ КВ1	ССФЕ - 1	ВА99М/400А ЭКФ	400	400
ЩУ КВ2	ССФЕ - 1	ВА99М/400А ЭКФ	400	400
ЩУ КВ3	ССФЕ - 1	ВА99М/400А ЭКФ	400	400
ЩУ ФБВ	ССФЕ -1Р	ВА99М/400А ЭКФ	400	400
ЩУ ОМ	ССФЕ - 1	ВА99М/400А ЭКФ	400	310
РЦ ВК1	ЩО70Э-3-19У3	ВА99М/400А ЭКФ	400	400
РЦ ВК2	ЩО70Э-3-19У3	ВА99М/400А ЭКФ	400	400

Таблиця 4.5 – Вибір комутаційної апаратури на підходящих лініях ТП

Позначення на схемі	Апарат захисту на лініях ТП, що відходять			
	Марка	Номінальний струм I_n , А	Струм розчеплювача $I_{н.роз.}$, А	Кількість, шт
ВРП1	ВА-52-39	630	500	1
РЩ3	ВА-55-43	1250	1250	2
ВРП4	ВА-52-39	250	250	1
ВРП5	ВА-52-39	630	630	1
ВРП6	ВА-52-39	630	630	1
ВРП7	ВА-52-39	160	160	1
ВРП8	ВА-55-41	800	800	1
ВРП9	ВА-52-39	630	630	1
ВРП10	ВА-52-39	160	125	1
ЩУО	ВА-52-39	160	125	1
ЩУ КВ1	ВА-52-39	630	500	1
ЩУ КВ2	ВА-52-39	630	500	1
ЩУ КВ3	ВА-52-39	630	500	1
ЩУ ФБВ	ВА-52-39	630	500	1
ЩУ ОМ	ВА-52-39	400	400	1
РЩ ВК1	ВА-52-39	630	500	1
РЩ ВК2	ВА-52-39	630	500	1

Принципова схема живлячої і розподільної мережі представлена на рис 4.1.

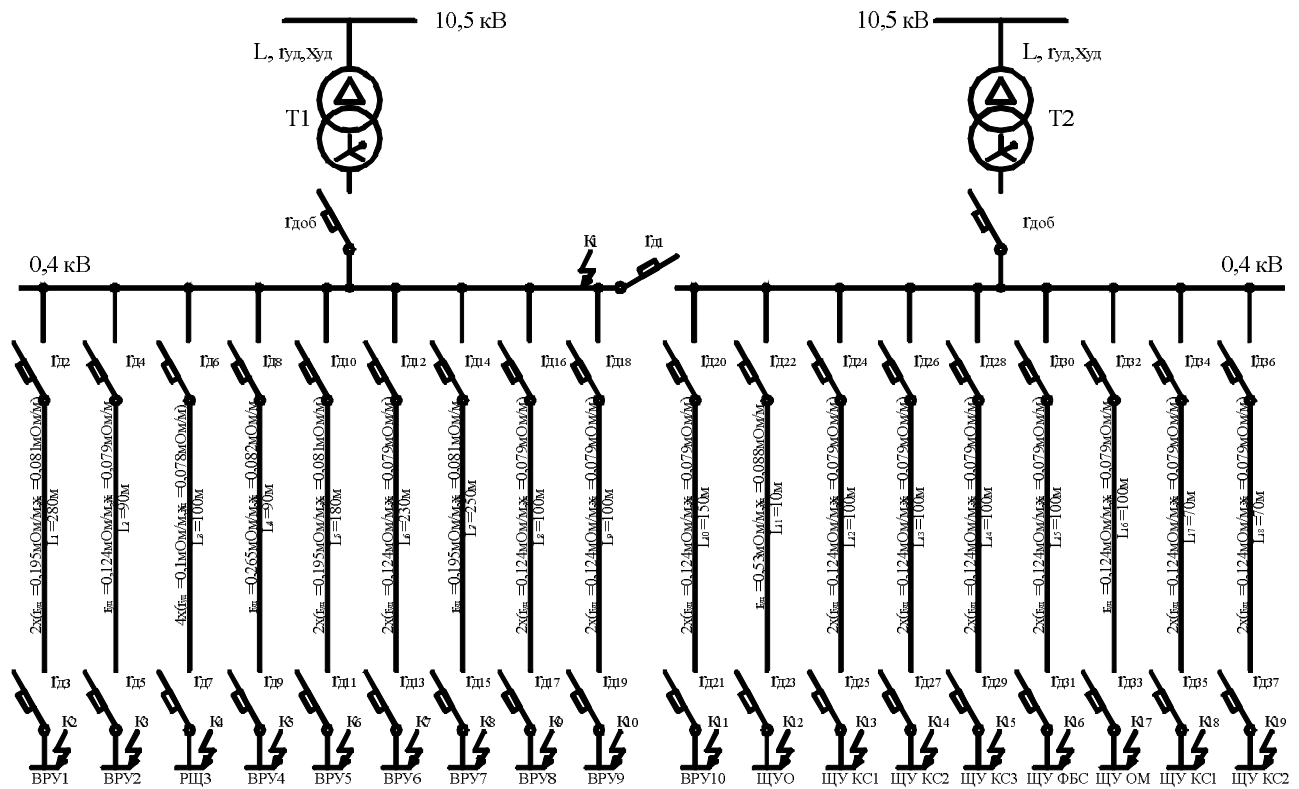


Рис.4.1. Розрахункова схема для розрахунку струмів К.З. на стороні 0,4 кВ

4.5 Розрахунок заземлюючого пристрою

4.5.1 Вибір режиму нейтралі

З урахуванням технологічних особливостей споживачів електроенергії на деревопереробному підприємстві приймаємо систему заземлення $TN - C - S$ (T – глухе заземлення нейтралі; N - відкриті провідні частини приєднані до глухозаземленої нейтралі джерела живлення; C – функції нульового захисного і нульового робочого провідників поєднані в одному провіднику; S - нульовий робочий і нульовий захисний провідники розділені). Система $TN - C - S$ – система TN , в якій функції нульового захисного і нульового робочого провідників поєднані в одному провіднику в якійсь її частині, починаючи від джерела живлення. У системі $TN - C - S$ у відносно-розподільному пристрої електроустановки поєднаний нульовий захисний і нульовий робочий провідник PEN розділений на нульовий захисний PE і нульовий робочий N провідники.

4.5.2 Розрахунок заземлюючого пристрою

Опір заземлюючого пристрою в мережах до 1 кВ з глухозаземленою нейтраллю повинен бути не більше 4 Ом при лінійній напрузі 380 В джерела трифазного струму.

Частини електроустановок, що підлягають заземленню, повинні мати надійний металевий зв'язок з нейтраллю джерела живлення, що виконується за допомогою заземляючих провідників або нульового проводу.

В якості заземлювача застосовують для вертикального занурення в землю сталеві стержні діаметром $12 - 16 \text{ мм}$, кутову сталь з товщиною стінки не менше 4 мм або сталеві труби з товщиною стінки не менше $3,5 \text{ мм}$; для горизонтального прокладення - сталеві смуги завтовшки не менше 4 мм або круглу сталь діаметром 6 мм .

Рекомендується застосовувати вертикальні стержневі електроди довжиною $2 - 5 \text{ м}$, а електроди з кутової сталі - $2,5 - 3 \text{ м}$. Верхній кінець вертикального заземлювача доцільно заглиблювати на $0,5 - 0,7 \text{ м}$ від поверхні землі. Горизонтальні заземлювачі застосовують для зв'язку між собою вертикальних заземлювачів, і як самостійні заземлювачі.

Як приклад виконаємо розрахунок заземлюючого пристрою для цеху лісопилки.

Встановлюємо допустимий опір заземлюючого пристрою R_s , $R_s = 4 \text{ Ом}$.

Заздалегідь з урахуванням відведеної території намічаємо розташування заземлювачів. Заземлювачі розташовуватимуться в ряд.

Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту ρ з урахуванням підвищувального коефіцієнта K_n , що враховує висихання ґрунту літом і промерзання його зимою; $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$

Визначаємо опір розтікання одного вертикального електрода згідно формули:

$$R_b = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot t + l}{4 \cdot t - l} \right), \quad (4.33)$$

де l - довжина вертикального електроду, м;

d - діаметр вертикального електроду, м ;

t - відстань від центру вертикального електроду до поверхні землі, м .

В якості вертикальних заземлювачів приймаємо сталеві стержні діаметром $d = 0,016$ м і довжиною $l = 5$ м. Глибина занурення електродів - 0,5 м, тоді $t = 3$ м.

$$R_b = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5}{0,016} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 22 \text{ Ом.}$$

Визначаємо число вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів $K_{\text{ввз}}$, розміщених в ряд, (таблиця 28 [6]), згідно формули:

$$N = \frac{R_b}{K_{\text{ввз}} \cdot R_3}, \quad (4.34)$$

$$N = \frac{22}{0,62 \cdot 4} = 10 \text{ шт.}$$

Визначаємо загальний еквівалентний опір десяти вертикальних заземлювачів згідно формули:

$$R_e = \frac{R_b}{N \cdot K_{\text{ввз}}}, \quad (4.35)$$

$$R_e = \frac{22}{10 \cdot 0,62} = 3,54 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір розтікання горизонтальних електродів згідно формули:

$$R_{r.e} = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot L^2}{b \cdot h} \right), \quad (4.36)$$

де L - довжина горизонтального електроду, м;

b - товщина горизонтального електроду, м;

h - глибина занурення горизонтального електроду, м.

Приймаємо як горизонтальні електроди сталеві смуги довжиною $L = 45$ м, товщиною $b = 0,004$ м, глибина занурення смуг $h = 0,5$ м.

$$R_{r.e} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 45} \cdot \ln \left(\frac{2 \cdot 45^2}{0,004 \cdot 0,5} \right) = 5,1 \text{ Ом.}$$

Визначаємо розрахунковий опір розтіканню горизонтальних електродів з врахуванням коефіцієнта використання $K_{\text{гор}}^e$ горизонтальних сполучних електродів в ряду з вертикальними електродами, $K_{\text{гор}}^e = 0,62$, згідно формули:

$$R_r = \frac{R_{r,e}}{K_{\text{гор}}^e}, \quad (4.37)$$

$$R_r = \frac{5,1}{0,62} = 8,28 \text{ Ом.}$$

Виконуємо перевірку розрахованого заземлюючого пристрою. При цьому опір розтікання заземлювачів в ряду повинен задовольняти умові

$$R_{\text{з,р}} \leq R_3. \quad (4.38)$$

Визначаємо опір розтіканню заземлювачів в ряду згідно формули:

$$R_{\text{з,р}} = \frac{R_e \cdot R_z}{R_e + R_z}, \quad (4.39)$$

$$R_{\text{з,р}} = \frac{3,54 \cdot 8,28}{3,54 + 8,28} = 2,48 \text{ Ом.}$$

Таким чином, опір розтікання заземлювачів в ряду задовольняє умові (4.38)

$$R_{\text{з,р}} = 2,48 \text{ Ом} \leq R_3 = 4 \text{ Ом.}$$

Для цеху лісопилки виконуємо заземлення з десяти вертикальних стержневих електродів діаметром 16 мм і довжиною 5 м, сполученими між собою сталеву смугою довжиною 45 м і товщиною 4 мм, і розміщуємо вздовж стіни цеху.

Для інших виробничих будівель виконуємо заземлення з трьох вертикальних стержневих електродів діаметром 16 мм і довжиною 5 м, сполученими між собою сталеву смугою довжиною 10 м і товщиною 4 мм. Глибина занурення ряду заземлювачів - 0,5 м.

У виробничих приміщеннях виконується загальний заземлюючий пристрій ГЗШ для електроустановок напругою до 1кВ.

План розташування заземлення представлений на кресленні 4.

4.6 Розрахунок пристрою грозозахисту

Будівлі і споруди деревопереробного підприємства відносяться до III категорії громозахисту.

Громозахист будівель і споруд III категорії виконується за допомогою громоприймної заземленої металевої сітки, прокладеної під неметалічною покрівлею (металочерепиця). Громоприймна сітка має бути виконана із сталевих проводів діаметром не менше 6 мм і укладена на покрівлю згори або під негорючий або важкозаймистий, або гідроізоляцію. Крок комірок сітки має бути не більший за 6×6 м. Вузли сітки мають бути сполучені зварюванням. Металеві елементи (труби, шахти, вентиляційні пристрої), що виступають над дахом, мають бути приєднані до громоприймної сітки. Струмівідводи від громоприймної сітки мають бути прокладені до заземлювача не рідше чим через 25 м по периметру будівлі. В усіх можливих випадках заземлювач захисту від прямих ударів блискавки необхідно об'єднати із заземлювачем електроустановок [10].

Вертикальні заземлювачі виконуються зі сталевих стержнів діаметром 16 мм і довжиною 5 м.

Горизонтальні заземлювачі виконуються зі сталевих смуг 40×4 мм. Глибина занурення заземлювачів складає 0,5 м.

Усі з'єднання струмопроводів із заземлювачами виконуються зварюванням.

У місцях приєднання струмопроводів до заземлюючого пристрою приварюється по одному вертикальному заземлювачу, якщо площа будівлі до 900 м², якщо більша - по два вертикальні заземлювачі, сполучені сталеву смугою [10].

План розташування громозахисту представлений на кресленні 4.

4.7 Заходи по підвищенню надійності електропостачання споживачів деревопереробного підприємства

Електричне устаткування промислових підприємств в процесі експлуатації виявляється під впливом різноманітних чинників: високої вологості, агресивних середовищ, пилу, атмосферних явищ (опадів, гроз, вітру), а також механічною і електричною навантажень. При цьому відбуваються зміни основних властивостей електроізоляційних, провідникових і конструкційних матеріалів електроустановок, що призводять до виникнення коротких замикань, пробоїв ізоляції, механічних ушкоджень, що викликають відключення електроустановок або електромереж, тобто до перерви в поданні електроенергії.

Перерви електропостачання приводять до простою виробництва, зниження обсягу випуску продукції, збільшення витрат за рахунок псування основного устаткування, простою робочої сили, збільшення витрати сировини і матеріалів, відновлення електроустановок, що відмовили, і тому подібне. У зв'язку з цим виникає необхідність в об'єктивній оцінці здатності систем електропостачання забезпечити безперебійність роботи і подання електроенергії при деякому рівні витрат на будівництво і експлуатацію (ремонт і обслуговування). На цій основі приймають рішення про вибір способів підвищення безперебійності електропостачання - резервування від різних джерел, збільшення числа і тривалості технічного обслуговування, підвищення його якості і ін. [9].

У цьому проекті, для підвищення надійності електропостачання споживачів електроенергії деревопереробного підприємства, розроблені наступні заходи:

- установка в якості резервного джерела живлення дизель-генератора, для живлення споживачів першої категорії;
- спорудження двох одноланцюгових ліній ПЛ-10 кВ на залізобетонних опорах з проводом марки СП-3 замість лінії ПЛ-10 кВ на дерев'яних опорах з проводом марки АС-95/16.

4.7.1 Вибір резервного джерела живлення

Визначальним критерієм при виборі дизель-генератора є сумарна максимальна потужність усіх споживачів електроенергії, які планується живити від генератора. Потужність дизель-генератора має бути не нижча сумарної максимальної потужності усього устаткування, працюючого одночасно. Необхідно також враховувати, що найефективніше і економічніше дизельні генератори працюють в режимах, близьких до номінальних, що обумовлено особливостями конструкції дизелів, тому значно (більш ніж на 30%) завищувати потужність дизель-генератора відносно сумарної потужності електроустаткування не варто - це підвищить вартість електроенергії, що виробляється, і може збільшити ймовірність відмови дизель-генератора [9].

Таблиця 4.6 – Сумарна потужність споживачів I категорії

Найменування споживача	Сумарна активна потужність P_{Σ} , кВт	Сумарна реактивна потужність Q_{Σ} , кВАр	Сумарна повна потужність S_{Σ} , кВА	Розрахунковий струм I_p , А
1. Котельна	459	345	575	874,41
2. Аварійне, евакуаційне, чергове освітлення	27	13	30	45,5
4. Пожежно-охоронна сигналізація	1,8	0,864	2	3,04
4. Насосна пожежогасіння	15,93	9,86	18,75	28,52
Разом:	504	368	625,5	

Другий визначальний критерій - рід струму, що виробляється генератором.

Третій критерій при виборі дизель-генератора - економічність і ємність паливного бака. Зазвичай економічність визначається годинною витратою палива дизель-генератора при номінальному навантаженні. Знаючи ємність паливного бака і годинну витрату палива, можна визначити проміжок часу t , год., між заправками агрегату згідно формули: [18]

$$t = \frac{V_{п.б.}}{H_n}, \quad (4.40)$$

де $V_{п.б.}$ - місткість паливного бака, л;

H_n - годинна витрата палива, л/год.

В деяких випадках визначальним чинником при виборі дизель-генератора є його знижена шумність. Якщо параметри шумності критичні, то слід вибирати дизель-генератора з найбільш захищаючими звукоізолюючими кожухами.

Масогабаритні показники і умови експлуатації дизель-генератора також можуть бути визначальними чинниками при його виборі. Якщо дизель-генератора планується встановлювати в приміщенні, вимагається враховувати його розміри для забезпечення достатнього проходу, необхідного для обслуговування устаткування. Якщо дизель-генератор планується встановлювати на вулиці, необхідно вибирати таку модель, яка може працювати у будь-яких погодних умовах. Оптимальним рішенням для розміщення дизель-генераторів є невеликі бокси або контейнери.

Сьогодні найбільш поширені електростанції на базі термоізолюваних контейнерів (КДЕС). Контейнер автоматично вирішує проблему монтажу дизельного генератора, дозволяє обійтися без облаштування спеціального приміщення і оснащення складною системою вентиляції, обігріву і освітлення.

КДЕС мають підвищену міцність і жорсткість за рахунок суцільнозварної конструкції корпусу; мають надійну і довговічну термоізоляцію, систему обігріву і освітлення, а також систему пожежної сигналізації.

КДЕС характеризуються підвищеною шумоізоляцією і високим рівнем пожежної безпеки завдяки автономній системі пожежогасінні. Термін служби таких дизельних генераторів - не менше 20 років.

З урахуванням усіх наведених вище критеріїв вибираємо дизельний генератор LeroySomer 491 M5 потужністю 650 кВА, встановлений в контейнері довжиною 6 метрів.

Паспортні дані вибраного дизель-генератора приведені в таблиці 4.7 [18].

Таблиця 4.7 – Паспортні дані вибраного дизельного генератора LeroySomer 491M5

Найменування параметра	Параметри дизельного генератора
Тип	LeroySomer, 3-х фазний, одноопорний, безщітковий, зі самозбудженням і саморегулюванням, клас захисту IP23
Модель	491 M5
Вихідна номінальна потужність, $S_{\text{ном}}$, кВА	650
Вихідна максимальна потужність $S_{\text{макс}}$, кВА	715
Вихідна напруга U_n , В	змінне, 400В
Частота f_n , Гц	50
Споживання палива при номінальному навантаженні H_n , л/год	108
Об'єм паливного бака $V_{\text{п.б}}$, л	1000
Габарити (Д×Ш×В), мм	3890×1630×1950
Маса, кг	5200

Виконаємо перевірку правильності вибору дизель-генератора за часом роботи у разі відключення основного джерела живлення [18].

Визначимо час роботи дизель-генератора між заправками згідно формули: (4.40)

$$t = \frac{1000}{108} = 9,3, \text{ год.}$$

На складі паливно-мастильних матеріалів (ПММ) деревопереробного підприємства запас дизельного палива складає 5 тонн або 6501 літрів. Згідно [1] ремонтні роботи по відновленню електропостачання споживачів деревопереробного підприємства мають бути завершені на протязі доби. У плинні цього часу дизель-генератор повинен забезпечувати роботу споживачів I категорії.

Визначимо час роботи дизель-генератора T , год., з урахуванням наявного запасу дизельного палива згідно формули:

$$T = \frac{V_{\text{дп}}}{H_{\text{п}}}, \quad (4.41)$$

$$T = \frac{6501}{108} = 60 \text{ год.}$$

Отже, наявного запасу палива вистачить на 60 годин роботи двигуна, що відповідає необхідним умовам.

4.7.2 Заміна повітряної лінії електропередачі 10 кВ з використанням захищених проводів і залізобетонних опор

Системи захищених проводів і кабелів для ПЛ 6-20 кВ

На сьогодні в якості найбільш перспективної і прогресивної альтернативи неізолюваним проводами для ПЛ 6-20 кВ можна розглядати наступні варіанти:

- захищені проводи;
- силові кабелі для ПЛ 6-20 кВ;
- універсальні кабелі.

Захищеним проводом (марки СІП-3, SAX, SAX-W) є одножильний багатодротяний провідник, покритий захисною оболонкою. Провідник виготовляється з алюмінієвого сплаву, захисний шар зі світлостабілізованого зшитого поліетилену. Провід може виготовлятися з шаром, що водонабрякає, під захисною оболонкою для захисту алюмінієвої жили від атмосферної вологи [19].

Силовий кабель для повітряних ліній електропередачі напругою 6-20 кВ (марка SAXKA-W) є джгутом з однофазних силових кабелів, скручених навколо несучого троса. Струмopовідні жили виконані з ущільненого алюмінію, несучий трос зі сталі. Кабелі мають подовжній і поперечний захист від проникнення вологи.

Універсальний кабель (марка MULTIWISKI) складається з трьох однофазних скручених кабелів. Призначений для монтажу на опорах ПЛ 6-20 кВ, для прокладення в землі у вигляді підземної кабельної лінії, а також для прокладення по дну штучних водойм і природних водних перешкод у вигляді підводної кабельної лінії.

Силові кабелі для ПЛ 6-20 кВ і універсальні кабелі є менш поширеними на практиці, їх застосування доцільно в окремих випадках при підвищених технічних і (чи) екологічних вимогах до ліній електропередачі в конкретних умовах.

Застосування захищених проводів є найбільш прийнятним і поширеним технічним рішенням для ПЛ 6-20 кВ [19].

Устаткування повітряних ліній електропередачі напругою 6-20 кВ із захищеними проводами

Повітряні лінії електропередачі напругою 6-20 кВ із захищеними проводами є повітряними лініями електропередачі, виконані на опорах із застосуванням залізобетонних, дерев'яних або металевих стійок. На опорах за допомогою спеціальної арматури підвішені захищені проводи. Кріплення проводів до опор здійснюється в основному з допомогою траверс і ізоляторів. З'єднання і відгалуження проводів здійснюються за допомогою сполучних і відгалужувальних затискачів. Окрім лінійної арматури невід'ємною частиною конструкцій опор є пристрої громозахисту ПЛЗ.

При застосуванні захищених проводів можуть бути використані конструкції опор ПЛ діючих проектів повторного застосування [19].

Конструктивне виконання захищеного проводу

Захищені проводи виготовляються з термостійкого алюмінієвого сплаву. Провід покритий ізолюючою оболонкою з атмосферостійкого світлостабілізованого поліетилену і має круглу форму перерізу. У конструкції проводу може бути присутнім водонабрякаючий шар розташований під ізолюючою оболонкою. Водонабрякаючий шар призначений для захисту проводу від проникнення атмосферної вологи.

Конструктивне виконання проводів, захищених ізоляцією, на напругу 10 кВ - одножильне.

На українському ринку проводи цього типу маю наступні найменування:

- «SAX» і «SAX-W» - виробництва «Pirelli Cables and Systems Oy»;

Провід SAX-W має в конструкції водонабрякаючий шар. Наявність водонабрякаючого шару забезпечує самоліквідацію шляхом герметизації дрібних пошкоджень ізоляції, що, у свою чергу, значно підвищує ресурс проводу і збільшує надійність роботи ПЛЗ в цілому.

Провід СП-3 (SAX) характеризується стійкістю до ультрафіолетового випромінювання, стійкістю до дії озону, зберігає механічну міцність і електричні параметри при температурах довкілля від мінус 50 °С до плюс 50 °С, не поширює горіння.

Таблиця 4.8 – Кліматичні умови і основні технічні дані проводів марки СП-3 1×95мм²

Найменування параметра	Значення параметра
1	2
Кліматичні умови	
Вітровий район	III
Район голольодності	II
Нижча температура, °С	-40
Вища температура, °С	40
Температура голольодоутворення, °С	-5
Середньорічна температура, °С	0
Швидкість вітру, м/с	32
Механічні характеристики проводу	
Номінальний зовнішній діаметр проводу, мм	16,0
Розрахункова маса 1 км проводу, кг	383
Механічні характеристики струмопровідної жили	
Число проводів в жилі, шт	7
Номінальний зовнішній діаметр жили, мм	11,3
Розривне навантаження жили, кН, не менше	27,9
Фізико-механічні характеристики проводу	
Модуль пружності, ×10 ⁴ Н/мм ²	6,3
Температурний коефіцієнт лінійного розширення, ×10 ⁻⁶ град ⁻¹	23,0
Межа міцності при розтягуванні, Н/мм ²	295

Вибір типу опор

Вибір типу опор для захищеного проводу СІІ-3 зробимо за типовим проектом 27.002 розробленим філією ВАТ «НТЦ електроенергетики» - РОСЭП [20].

У проекті шифр 27.002 розроблені одноланцюгові залізобетонні опори на стійках СВ105, СВ110, С112 ВЛ-10 кВ із захищеними проводом СІІ-3 перерізом 50,70,95 і 120 мм² для застосування в I - IV районах по ожеледі і вітру.

Проміжні опори розроблені у вигляді одностоечних вільностоячих конструкцій з горизонтальним розташуванням проводів, закріплених на вершині стійки за допомогою болтів.

Опори анкерного типу, що мають горизонтальне розташування проводів, прийняті підвідсталий конструкції, що дозволяє виконувати їх зборку і установку в пробурені котловани укрупненими монтажними блоками.

Закріплення в ґрунтах проміжних опор, як правило, виконується без ригелів.

Закріплення опор анкерного типу виконується відповідно до проекту без установки в основі анкерних пристроїв або з анкерними плитами або ригелями.

Згідно з кліматичними умовами і параметрами проводу СІІ-3 вибираємо одноланцюгову залізобетонну проміжну опору типу П20-1Н на стійці СВ105-5, одноланцюгову залізобетонну анкерну (кінцеву) опору типу А20-1Н на стійці СВ105-5; для переходу ПЛ через дорогу і при повороті кута вибираємо одноланцюгові залізобетонні опори: проміжну типу П20-3Н на стійці СВ110-5 і кутову типу УП20-3Н на стійці СВ110-5.

Таблиця 4.9 – Розрахункові прольоти для залізобетонних опор ПЛ-10 кВ

Найменування параметра	Тип опори і стійки			
	П20-1Н, СВ105-5	А20-1Н, СВ105-5	П20-3Н, СВ110-5	УП20-3Н, СВ110-5
Габаритні прольоти для населеної місцевості l_1 , м	75	55	85	55
Вітрові прольоти для населеної місцевості l_2 , м	82	-	75	-

Лінійна арматура для повітряної лінії 10 кВ

Для кріплення захищених проводів до траверсів і інших металоконструкцій опор, для з'єднання проводів між собою передбачено використання арматури компанії НИЛЕД-ТД [19].

У номенклатурі лінійної арматури представлені наступні елементи:

- ізолятори і спіральні в'язки;
- натяжні підтримуючі затиски;
- сполучні і відгалужувальні затиски;
- пристрої захисту від птахів і гілок і так далі

Ізолятори і спіральні в'язки

На ПЛЗ 6-10 кВ для кріплення захищених проводів передбачається застосування штирьових ізоляторів. Матеріалом виготовлення може бути кераміка, скло або полімерні композиції.

При проектуванні ПЛЗ 6-10 кВ можливий вибір двох конструктивних видів штирьових ізоляторів. Перший вид - це традиційні ізолятори з канавкою для проводу на верхній поверхні головки ізолятора. На таких ізоляторах можливе кріплення як захищених, так і неізольованих проводів. Другий вид - ізолятори з наскрізною втулкою в тілі ізолятора для закладання в неї захищеного проводу.

Існують особливості застосування штирьових ізоляторів з втулками для закладання захищеного проводу. Перша особливість - закладання захищеного проводу у втулку ізолятора можлива тільки на проміжних опорах прямих ділянок ПЛЗ. На кутових проміжних опорах захищений провід необхідно кріпити до шийки ізолятора із зовнішнього боку кута повороту осі ПЛЗ. Друга особливість - при монтажі ізолятори з втулками дозволяють відмовитися від застосування розкаточних роликів на проміжних опорах і робити розкочування захищеного проводу прямо на штирьових ізоляторах.

Кріплення захищеного проводу до штирьових ізоляторів здійснюється спіральними в'язками по дві в'язки на ізолятор (по одній у бік кожного прольоту). При проектуванні і монтажі в'язки необхідно вибирати залежно від двох параметрів: перерізи проводу і діаметру шийки ізолятора [19].

Натяжні затискачі

На опорах анкерного типу захищені проводи кріпляться за допомогою натяжних затискачів. При проектуванні можливий вибір двох видів натяжних затискачів :

- натяжні клинові затискачі;
- натяжні затискачі типу - SO85, SO105, SO146.

При виборі натяжних затискачів необхідно враховувати особливості кожного виду.

Клинові натяжні затискачі для захищених проводів мають пластикові клини, призначені для запобігання ушкодженню захисного шару проводу в місці його кріплення. Таким чином, клинові затискачі не вимагають зняття захисного ізоляційного шару з проводу при анкерному кріпленні в натяжному затискачі. Тому застосування клинових натяжних затискачів є прийнятнішим як з точки зору спрощення монтажу, так і з точки зору експлуатаційної довговічності ПЛЗ.

Натяжні затискачі типу SO85, SO105, SO146 у своїй конструкції не мають елементів, призначених для захисту захисного шару проводу в місці кріплення, тому при монтажі ці затискачі вимагають зняття захисного шару з проводу. Застосування таких затискачів є менш переважним, чим клинових натяжних

затискачів з точки зору експлуатаційної надійності ПЛЗ 6-10 кВ і зручності монтажу.

Вибрана лінійна арматура для ПЛ-10 кВ вказана в таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Лінійна арматура для ПЛ-10 кВ

Найменування лінійної арматури	Кількість лінійної арматури для опор типу			
	П20-1Н	А20-1Н	П20-3Н	УП20-3Н
Штирковий ізолятор ІФ20	18	4	12	6
Ковпачок К9	18	4	12	6
Підвісний ізолятор SML 70/20Г	-	12	-	-
Спиральна в'язка типу СВ70	36	8	24	12
Плащечний затискач CD35	6	12	4	2
Анкерний затискач PAZ 2	-	24	-	-

Лінійні роз'єднувачі для повітряної лінії 10 кВ

Для створення видимого розриву на ПЛЗ 10 кВ можливе застосування лінійного роз'єднувача типу РЛНД1-10/400. Роз'єднувач є комплектом з трьох однофазних роз'єднувачів. Кожен однофазний роз'єднувач складається з натяжного полімерного ізолятора і змонтованих на ньому рухомого і нерухомого контактів.

Монтаж роз'єднувача РЛНД1-10/400 можливий при двох варіантах. Перший варіант - монтаж роз'єднувача здійснюється на опорі анкерного типу, при цьому фази роз'єднувача замінюють собою натяжні ізолятори. Таким чином ізолююча підвіска «траверси - натяжний ізолятор - натяжний затискач» замінюється підвіскою «траверси - фаза лінійного роз'єднувача - натяжний затискач». Другий варіант - монтаж кожної фази роз'єднувача здійснюється при розриві проводу між двома натяжними затискачами.

Операції з лінійним роз'єднувачем виконуються за допомогою оперативної ізолюючої штанги.

Таблиця 4.11 – Параметри лінійного роз'єднувача РЛНД1-10/400

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна напруга, кВ	10
Номінальний струм, А	400
Струм односекундного короткого замикання, кА	10
Струм відключення з переважаючим активним навантаженням, А	12,5
Струм відключення для повітряних мереж з кабельними вставками, А	10
Мінімальна відстань між роз'єднувачами суміжних фаз після їх установки, мм	800

Монтажні таблиці для повітряної лінії 10 кВ

При монтажі провід має бути підвішаний з такою силою тяжіння, щоб напруга в проводі в усіх режимах відповідала розрахунковим значенням. Вага проводу може бути виміряне безпосередньо за допомогою динамометра або визначена непрямим шляхом за значенням стріли провисання.

Монтажні таблиці є залежностями змін напруги і стріл провисання проводів від зміни температури навколишнього повітря.

Монтажні таблиці потрібні для правильного монтажу проводів лінії електропередачі.

Для проводів марки СП-3 монтажні таблиці визначаються емпіричним шляхом [20].

З урахуванням характеру місцевості, типів опор і об'єктів, що перетинаються, приведений проліт для цієї анкерної ділянки складе $l_{np} = 50$ м.

Монтажна таблиця для наведених вище умов:

Таблиця 4.12 – Монтажна таблиця для ПЛ-10 кВ

Температура, t , °С	Напруга в проводі, σ , МПа	Стріла провисання, f , м
-40	72,5	0,2
-20	49,2	0,3
-15	39,1	0,4
0	30,6	0,5
15	22,1	0,7
20	17,3	0,8
40	15,2	1,0

5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Автоматичний захист асинхронного двигуна від перевантаження і нагріву

Останніми роками впроваджується принципово новий вигляд захисту електродвигунів від перегріву, виконаний на напівпровідникових елементах, контролюючих температуру. Такий захист електродвигунів від перегріву називають температурним. Він складається з напівпровідникового керуючого пристрою і терморезисторів з позитивним температурним коефіцієнтом опору (перетворювачів теплоти). При використанні терморезисторів СТ14-1А і СТ14-1Б температура спрацьовування захисту відповідно складає 105 °С і 135 °С. Терморезистор СТ14-1А представляє собою диск діаметром 3 мм і завтовшки 1,5 мм.

Перетворювачі теплоти (по одному на фазу) встановлюють в асинхронному електродвигуні при його виготовленні або капітальному ремонті, а також в процесі експлуатації в лобових частинах з боку вільного кінця валу. Між собою їх сполучають послідовно ізольованими проводами з мідною жилою перетином не менше 0,5 мм², а вільні кінці виводять в коробку виводів і заміряють опір всього кола терморезисторів, яке при температурі 20±5°С повинно бути в межах 120 ... 150 Ом.

5.1.1 Пристрої вбудованого температурного захисту

Пристрої вбудованого температурного захисту УВТЗ-1 і УВТЗ-4А, що випускаються промисловістю, не розрізняються за принципом дії, хоча схеми і конструкція апаратів різні.

Пристрої уніфіковані для всіх типорозмірів електродвигунів, взаємозамінні і не вимагають регулювання при монтажі і експлуатації. Вони призначені для спільної роботи, з магнітними пускачами серії ПМЕ, ПА, ПАЕ і ін. в мережах напругою 220/380 В. Довготривалий допустимий струм контактів

4 А, розривна потужність 300 ВА.

Пристрій УВТЗ-1 складається зі струмового ключа, зібраного на транзисторах V7 і V8 і виконавчого реле K2, керованого тріністором V9. Узел живлення включає діодний місток V1...V4, стабілітрон V5, конденсатор C1 і резистори R1 і R2 для обмеження струму в колі живлення. Резистори R3, R4, R6 і терморезистори, що підключаються до затискачів 5 і 6, створюють дільники напруги, до середніх точок яких підключені бази транзисторів V7 і V8.

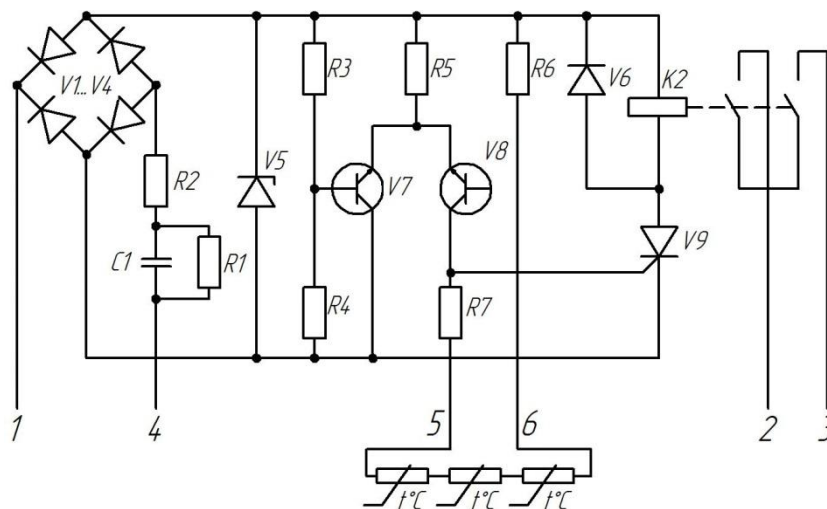


Рисунок 5.1 – Електрично-принципова схема УВТЗ-1

При натисненні кнопки «Пуск» (52) пристрій УВТЗ-1 затискачами 1 та 4 підключається до джерела живлення. Якщо температура обмоток електродвигуна нижча за критичну температуру, то опір терморезисторів буде менше опору спрацьовування, транзистор V7 буде закритий, а транзистор V8 – відкритий. На перехід керованого тріністора V9 подається позитивний потенціал. Тріністор відкривається, замикаючи кола котушки проміжного реле K2, яке своїми замикаючими контактами включає котушку магнітного пускача. Електродвигун підключається до джерела живлення.

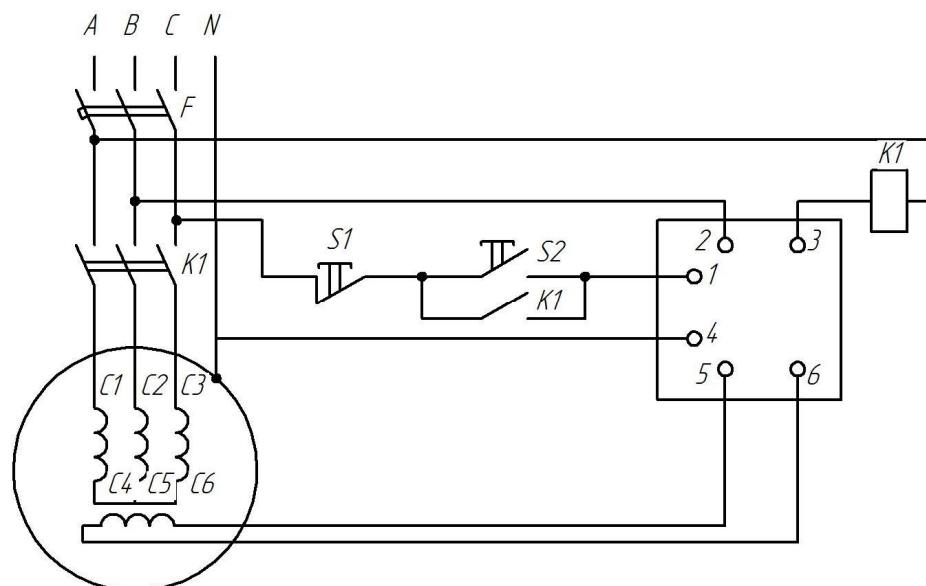


Рисунок 5.2 – Електрична схема включення УВТЗ-1 в коло магнітного пускача

При підвищенні температури обмотки статора вище допустимої опір терморезисторів різко зростає, що приводить до замикання транзистора V8 і включенню транзистора V7. Керуючий перехід триністора V9, знеструмлюється, проміжне реле K2 відключається, розриваючи коло котушки магнітного пускача, Електродвигун відключається від джерела живлення. Магнітний пускач залишиться розімкненим на час охолодження обмоток статора, поки температура їх не стане менше максимально допустимої.

Можливі несправності в елементах схеми приводять до відключення електродвигуна, чим забезпечується автоматичний самоконтроль за її роботою.

Монтаж температурного захисту зводиться до встановлення і кріплення на опорній основі керуючого пристрою, відповідного типу магнітного пускача, з'єднанню їх між собою і з проводами терморезисторів, підключенню до джерела живлення.

Працездатність змонтованого пристрою перевіряють натисненням кнопки «Пуск» (S2). Якщо всі елементи схеми справні і вона зібрана правильно, електродвигун повинен включатися під напругу. Працездатність захисту перевіряють на холостому ході, розриваючи, а потім закорачуючи коло терморезисторів в коробці виводів. В обох випадках електродвигун повинен

відключатися.

Пристрої захисного відключення є високочутливими елементами захисту, що реагують на перевищення струму витоку понад допустиму величину в трифазних і однофазних мережах з глухозаземленою нейтраллю.

Чутливість захисних пристроїв, що характеризується величиною струму спрацьовування, обумовлюється умовами пожежної безпеки і електробезпеки. Для виробничих електроустановок струм спрацьовування (струм уставки) захисно-відключаючих пристроїв приймається рівним 20 мА, а побутових – 10 мА.

У разі перевищення струму витоку (наприклад, при пошкодженні ізоляції електропроводки, ізоляції обмоток електродвигуна щодо корпусу, дотику людей або тварин з частинами електроустановки, що знаходяться або випадково опинилися під напругою) пристрій захисного відключення, впливаючи на комутаційний апарат (магнітний пускач, контактор, автоматичний вимикач з електромагнітним приводом), відключає електроустановку. Пристрої захисного відключення чутливі до дуже малих струмів витоку, але не відключають струмоприймачі при двох- і трифазних коротких замиканнях. Захисно-відключаючі пристрої, сумісні з вимикачами АЄ-2000, позбавлені цих недоліків.

5.1.2 Пристрій ЗОУП-25

Пристрої захисного відключення виготовляються різних типів (РУД-024; РУД-022; ЗОУП-25 і ін.) і конструкцій, але в основу роботи їх покладений один принцип: вимірювання геометричної суми струмів трьохфазних або однофазних електроприймачів з нульовим проводом за допомогою диференціальних трансформаторів струму.

Захисно-відключаючий пристрій ЗОУП-25 широко застосовується в виробничих електроустановках.

Він призначений для комутації струму трифазних електричних кіл напругою 380 В і силою струму до 25 А, що живляться від електричних мереж з

глухозаземленою нейтраллю, і для захисту людей і тварин від ураження електричним струмом при зіткненні їх з частинами електроустановки, що знаходяться або випадково опинилися під напругою.

Пристрій може нормально працювати при температурі від -40 до $+40^{\circ}\text{C}$, відносної вологості до 90%, коливаннях напруги $0,85\dots 1,1$ номінальної. Час відключення пошкодженої ділянки електричної мережі не більше 50 мс. Допустима частота включень (при відносній тривалості включення ПВ=40%) до 150 в годину.

Пристрій ЗОУП-25 є комбінованим апаратом, що складається з магнітного пускача типу ПМЕ-211 і блоку чутливого захисту, кнопок «Пуск», «Стоп», «Контроль», електрично зв'язаних між собою і вбудованих в кожух пілоблизкозахисного виконання. На передню панель кожуха винесені кнопки і лінза сигнальної лампи, що світиться при включенні пристрою.

Електрична схема пристрою ЗОУП-25 містить наступні вузли: диференціальний трансформатор струму ДТС, підсилювач, виконаний на транзисторах V11, V12 і V13, вихідне реле K2, блок стабілізованого живлення, виконаний на діодному містку V7...V10, стабілітроні V6, конденсаторах C2 і C3, резисторах R9 і R10, вузол контролю включеного стану, виконаний на резисторі R11 і сигнальній лампі Н, вузол імітації витоку, виконаний на резисторі R12 і кнопці S3 («Контроль»).

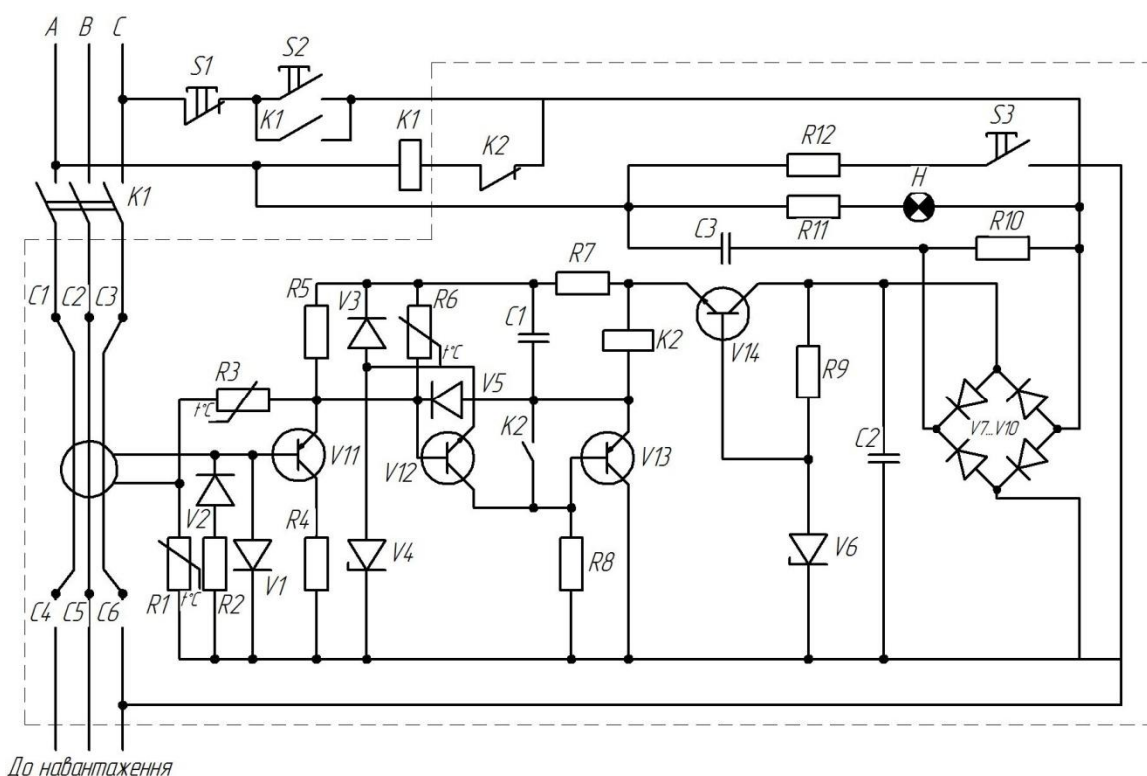


Рисунок 5.3 –Принципова електрична схема захисно-відключаючого пристрою ЗОУП-25

Пристрій ЗОУП-25 працює таким чином: при натисненні на кнопку «Пуск» напруга мережі подається одночасно до блоку захисту і до котушки магнітного пускача. Якщо в колі навантаження немає струму витоку або він менше струму уставки, то пристрій не спрацьовує і магнітний пускач включає електродвигун в мережу. За наявності або появи струму витоку, що перевищує струм уставки захисного пристрою, сигнал з вторинної обмотки диференціального трансформатора поступає в підсилювач, а з нього на котушку реле K2. Розмикаючими контактами реле розриває коло котушки магнітного пускача і відключає електродвигун від джерела живлення.

Перевірка працездатності ЗОУП-25 відбувається за допомогою кнопки S3 («Контроль»). При її натисненні через резистор R12 потече струм, більший струму уставки в 1,5 рази. При цьому захисний-відключаючий пристрій повинен відключити магнітний пускач.

5.1.3 Універсальний блок захисту асинхронних електродвигунів УБЗ-

301

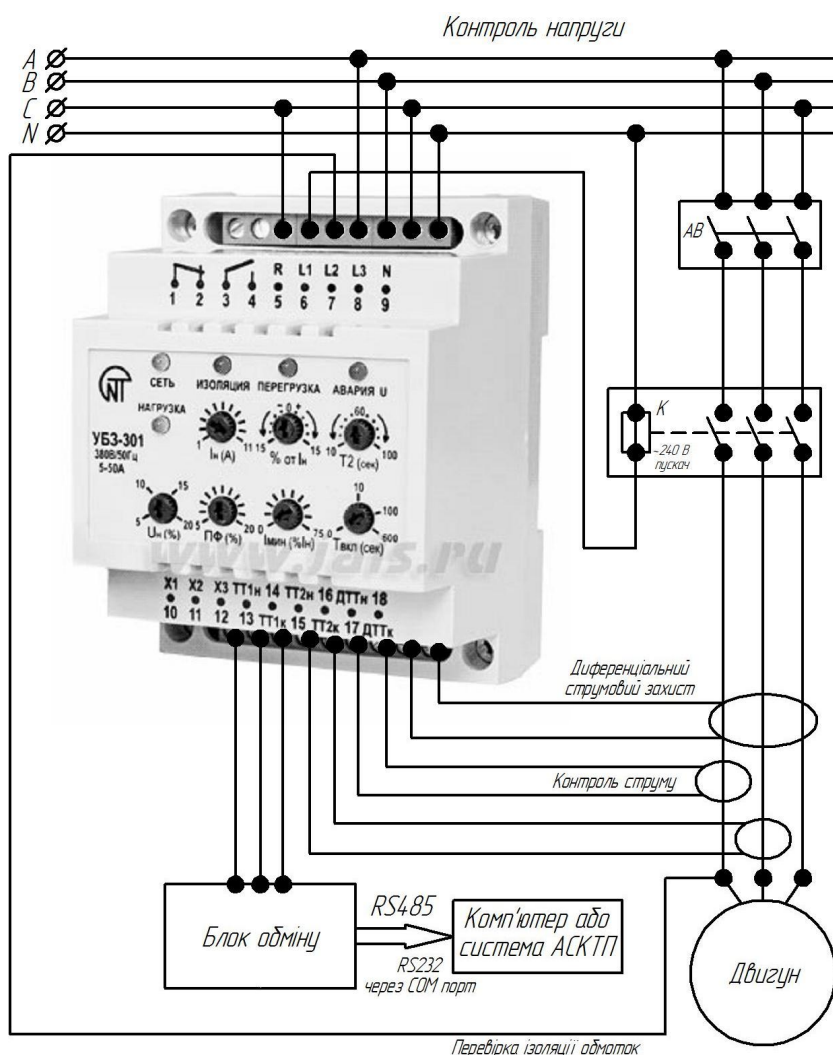


Рисунок 5.4 – Універсальний блок захисту асинхронних електродвигунів УБЗ-301

Призначений для постійного контролю параметрів мережевої напруги і значень фазних/лінійних струмів трифазного електрообладнання 380 В/50 Гц, в першу чергу асинхронних електродвигунів, в т.ч. і в мережах з ізольованою нейтраллю. Випускається трьома модифікаціями: 5-50 А, 10-100 А, 63-630 А.

Здійснює повний і ефективний захист електрообладнання шляхом короткочасного відключення від мережі або блокуванням його пуску в наступних випадках:

- неякісна мережева напруга (обрив, перекося фаз, неприпустимі скачки і провали напруги, порушення чергування, злипання фаз);
- симетричне перевантаження по фазних/лінійних струмах викликане механічними перевантаженнями;
- несиметричне перевантаження по фазних/лінійних струмах, пов'язане з пошкодженням всередині двигуна;
- несиметрія фазних струмів без перевантаження, пов'язана з порушенням ізоляції всередині двигуна і/або кабелю;
- захист по мінімальному пусковому/робочому струму – зникнення моменту на валу двигуна ("сухий хід" для насосів);
- перевірка рівня опору ізоляції обмоток двигуна на корпус до пуску (при рівні $< 0,5$ МОм – блокування);
- захист по струмах витоку на "землю" під час роботи із заборною АПВ.

6 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

6.1 Визначення капітальних вкладень

Капітальні витрати в систему електропостачання включають наступні складові елементи:

$$K = K_{ЛЕП} + K_{во} + K_{КТП}, \quad (6.1)$$

де $K_{ЛЕП}$ – капіталовкладення на спорудження ліній електропередач: повітряних, кабельних і т. д.;

$K_{во}$ – капіталовкладення на встановлення високовольтного електрообладнання;

$K_{КТП}$ – капіталовкладення на встановлення трансформаторних підстанцій, що складаються з силових трансформаторів, розподільчих пристроїв, релейного захисту і автоматики, а також допоміжних споруд.

Для розрахунку використовуємо укрупнені показники вартості. Результати розрахунку капітальних вкладень приведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Розрахунок капіталовкладень за проектом

1	Число елементів, шт., км	Вартість елементів, тис. грн.			
		обладнання	монтаж	будівельна частина	повна
2	3	4	5	6	
Трансформатор силової ТДНС - 16000/35/10У1	2	6800	3400	1360	23120
Вимикач ВГТ-35П-50/31500 У1	3	613,6	306,8	122,72	3129,36
Роз'єднувач РГ-2-35/1000УХЛ1	12	51,43	25,715	10,286	1049,172
Роз'єднувач РГ-1-35/1000УХЛ2	2	41,12	20,56	8,224	139,808
Трансформатор струму ТОЛ-35П-300/5	9	56,46	28,23	11,292	863,838
Трансформатор напруги НАМИ-35	2	44,85	22,425	8,97	152,49
Високочастотний загороджувач ВЗ-630-0,5	2	12,4	6,2	2,48	42,16
Панель релейного захисту	4	82	41	16,4	557,6
Комірка К-26	3	430	215	86	2193
Комірка К-26 з секц. вимикачем	1	385	192,5	77	654,5
Комірка К-26 з вимикачем	10	400	200	80	6800
Комірка К-26 з НАМИ-10	2	382	191	76,4	1298,8
Разом по ГПП					40073,76

продовження таблиці 6.1

1	2	3	4	5	6
ПЛ з перерізом 185 мм ² , км	24	88,43	44,215	17,686	3607,944
КЛ з перерізом 120 мм ² , км	1,5	895,9	447,95	179,18	2284,55
КЛ з перерізом 95 мм ² , км	1,35	792	396	158,4	1817,64
Разом по лініях					7710,13
2 КТП 10/0,4 на 400 кВА	2	640,84	320,42	128,168	2178,86
2 КТП 10/0,4 на 630 кВА	5	597,62	298,81	119,524	5079,77
2 КТП 10/0,4 на 1000 кВА	6	1020,24	510,12	204,048	10406,45
2 КТП 10/0,4 на 1600 кВА	5	1330	665	266	11305,00
КТП 10/0,4 на 1000 кВА	2	506,73	253,365	101,346	1722,88
Разом по КТП					28970,07
Сумарні капітальні витрати K					76753,96

6.2 Визначення річних експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати:

$$V_E = V_a + V_{ep} + C_e, \quad (6.2)$$

де V_a – щорічні амортизаційні відрахування від капітальних витрат, грн.;

V_{ep} – витрати по поточній експлуатації і ремонту мереж і електрообладнання, грн.;

C_e – вартість втрат електроенергії в мережах і обладнання на ГПП і ТП, грн.

Щорічні амортизаційні відрахування від капітальних витрат:

$$V_a = p_a \cdot K, \quad (6.3)$$

де p_a – загальна норма, відсотки, визначаються по додатку 12 [1].

Таблиця 6.2 – Результати розрахунку амортизаційних відрахувань

Найменування	K , тис. грн.	p_a , %	V_a , тис.грн.
ГПП	40073,76	9,4	3766,93
ЛЕП	7710,13	3	231,30
КТП	28970,07	10,4	3012,89
Сумарні річні амортизаційні відрахування V_a , тис.грн.			7011,13

Витрати по поточній експлуатації мережі і електрообладнання:

$$V_{ep} = p_e \cdot K, \quad (6.4)$$

де p_e – норма відрахувань від капітальних вкладень на поточний ремонт і обслуговування, у відсотках, визначається по додатку 12 [1].

Таблиця 6.3 – Результати розрахунку витрат по поточній експлуатації мережі і електрообладнання

Найменування	K , тис. грн.	p_e , %	B_{ep} , тис.грн.
ГПП	40073,76	3	1202,21
Кабельні лінії	7710,13	1,5	115,65
КТП	28970,07	4	1158,80
Сумарні річні експлуатаційні витрати B_{ep} , тис.грн.			2476,67

Визначаємо вартість втрат електроенергії C_e .

Вартість втрат електроенергії C_e по усій мережі визначається за допомогою питомої вартості втрат енергії c_e :

$$C_e = \Delta W \cdot c_e, \quad (6.5)$$

де ΔW – сумарні втрати електроенергії.

Струм, що протікає по лініях і трансформаторах, викликає сумарні втрати енергії ΔW :

$$\Delta W = \Delta W_l + \Delta W_m + \Delta W_{knn} + \Delta W_{л0,4}, \quad (6.6)$$

де ΔW_l – втрати електроенергії в розподільних лініях 6-10 кВ, кВт;

ΔW_m – втрати електроенергії в трансформаторах, кВт;

ΔW_{knn} – втрати електроенергії в КТП 6-10/0,4, кВт;

$\Delta W_{л0,4}$ – втрати електроенергії в мережі напругою до 1000 В, кВт.

При $T_m = 4592$ год., час максимальних втрат :

$$\tau = \left(0,124 + \frac{T_m}{10^4} \right)^2 \cdot 8760; \quad (6.7)$$

$$\tau = \left(0,124 + \frac{4592}{10^4} \right)^2 \cdot 8760 = 2980 \text{ год./рік.}$$

Втрати електроенергії в розподільних лініях 6-10 кВ ΔW_l складають 4% від передаваної електроенергії $\Delta W_{nep} = 87155600$ кВт·год.:

$$\Delta W_l = 0,04 \cdot \Delta W_{nep}; \quad (6.8)$$

$$\Delta W_l = 0,04 \cdot 87155600 = 3486224 \text{ кВт·год.}$$

Втрати енергії в двох паралельно працюючих трансформаторах ГПП :

$$\Delta W_m = 2 \cdot \Delta P_x \cdot T + 0,5 \cdot \Delta P_k \cdot \tau, \quad (6.9)$$

де ΔP_x – активні втрати холостого ходу, кВт; $\Delta P_x = 18$ кВт;

T – час роботи приймача, год.; приймаємо $T = 8760$ год.;

ΔP_k – втрати короткого замикання, кВт; $\Delta P_k = 85$ кВт;

τ – час максимальних втрат, год.; $\tau = 2980$ год./рік.

$$\Delta W_m = 2 \cdot 18 \cdot 8760 + 0,5 \cdot 85 \cdot 2980 = 442010 \text{ кВт}.$$

Втрати електроенергії в мережі напругою до 1000 В $\Delta W_{л0,4}$ складають 2% від передаваної електроенергії $\Delta W_{пер}$:

$$\Delta W_{л0,4} = 0,02(\Delta W_{пер}), \quad (16.10)$$

$$\Delta W_{л0,4} = 0,02 \cdot 87155600 = 1743112 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарні втрати електроенергії :

$$\Delta W = 3486224 + 442010 + 1743112 = 5671346 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$c_{eo} = 0,0769 \text{ грн.}/(\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

$$C_e = 5671346 \cdot 0,0769 = 436126 \text{ тис. грн}.$$

Отже, річні експлуатаційні витрати:

$$B_e = 7011,13 + 2476,67 + 436126 = 445614,3 \text{ тис. грн}.$$

6.3 Складання кошторису електроенергетичних витрат

Визначимо чисельність ремонтно-експлуатаційного персоналу. Для розрахунку чисельності необхідно визначити трудоємність ремонтних робіт на основі нормативів системи планово-запобіжного ремонту обладнання і мереж промислової енергетики. Ця система орієнтована на проведення капітального і поточного ремонтів, робіт по технічному обслуговуванню обладнання.

Для визначення трудоємності ремонтних робіт проводимо розрахунки. Розрахунок зводимо в табл. 6.4.

Нормативи трудоємності ремонтів заносимо в таблицю з урахуванням поправочних коефіцієнтів за умовами експлуатації і конструктивних особливостей обладнання. Річну трудоємність на групу обладнання визначаємо шляхом множення кількості одиниць обладнання на кількість ремонтів і трудоємність одного ремонту.

Річну трудоемність оглядів T_e і нерегламентованого технічного обслуговування T_{mo} розраховуємо на основі норми трудоемності поточного ремонту по формулах:

$$T_e = n \cdot m_o \cdot k_{скл.тo} \cdot t_{m,p}; \quad (16.11)$$

$$T_{mo} = 12 \cdot n \cdot k_{скл.т.o} \cdot t_{m,p} \cdot k_{зм}, \quad (16.12)$$

де n – кількість одиниць обладнання або мереж;

m_o – кількість оглядів в році;

$k_{скл.o}$, $k_{скл.т.o}$ – коефіцієнти складності оглядів і технічного обслуговування відповідно;

$t_{m,p}$ – норми трудоемності поточного ремонту;

$k_{зм}$ – коефіцієнт змінності обслуговуючого персоналу.

Розрахункова трудоемність з урахуванням пуско-налагоджувальних і непередбачених робіт:

$$T_p = (T_{рем} + T_e + T_{mo}) \cdot 1,5, \quad (6.13)$$

де T_p – розрахункова річна трудоемність ремонтів обладнання;

$T_{рем}$ – сумарна трудоемність ремонту;

T_e – сумарна трудоемність огляду.

T_{mo} – сумарна трудоемність технічного огляду.

$$T_p = 22766 \cdot 1,5 = 34164 \text{ чол.}\cdot\text{год.}$$

Річна трудоемність ремонтного обслуговування електрообладнання і електромереж виробничих цехів:

$$T_c = 0,5 \cdot T_p; \quad (6.14)$$

$$T_c = 0,5 \cdot 34164 = 17082 \text{ чол.}\cdot\text{год.}$$

Сумарна трудоемність ремонтних робіт по електрогосподарству:

$$T_{\Sigmaел} = T_p + T_c; \quad (6.15)$$

$$T_{\Sigmaел} = 34164 + 17082 = 51246 \text{ чол.}\cdot\text{год.}$$

Облікова чисельність ремонтно-експлуатаційного персоналу :

$$\mathcal{C} = \frac{T_{\Sigma ЕЛ}}{\Phi_{II} \cdot k_{BH} \cdot k_B}, \quad (6.16)$$

де Φ_{II} – річний номінальний фонд часу одного робітника, год;

$k_{вн}$ – коефіцієнт виконання норм, рівний 1,1;

$k_в$ – коефіцієнт використання робочого часу.

Облікова чисельність ремонтно-експлуатаційного персоналу:

$$Ч = \frac{51246}{2107 \cdot 1,1 \cdot 0,875} = 25,27 \approx 25 \text{ чол.}$$

Чисельність ремонтних $Ч_p$ і експлуатаційних $Ч_e$ робітників розподіляється згідно трудоемності робіт по ремонту або технічному обслуговуванню.

Загальна трудоемність (100 %) або 22776 чол.·год.

Трудоемність ремонтних робіт приблизно 20,6 % або 5908,64 чол.·год.

Трудоемність оглядів і техобслуговування складає приблизно 79,4 % або $819,28 + 16048,08 = 16867,36$ чол.·год.

Загальна чисельність ремонтно-експлуатаційного персоналу (100%) – 25 людей.

Чисельність ремонтного персоналу приблизно 20,6 % або 5 чоловік.

Чисельність експлуатаційного персоналу приблизно 79,4 % або 20 людей.

Основна заробітна плата робітників визначається відповідно до чисельності ремонтних $Ч_p$ і експлуатаційних $Ч_e$ робітників, річного номінального фонду робочого часу одного робітника T_n і тарифних ставок середнього розряду C_m :

$$\Phi_{mp} = Ч_p \cdot \Phi_{np} \cdot C_{mp}; \quad (6.17)$$

$$\Phi_{me} = Ч_e \cdot \Phi_{ne} \cdot C_{me}, \quad (6.18)$$

де Φ_{mp} – тарифний фонд заробітної плати ремонтників, грн.;

Φ_{me} – тарифний фонд заробітної плати експлуатаційників, грн.;

T_{np} – річний номінальний фонд робочого часу ремонтника, год.;

T_{ne} – річний номінальний фонд робочого часу експлуатаційника, год.;

C_{mp} – годинна тарифна ставка ремонтного персоналу,

$$C_{mp} = 52,25 \text{ грн./год.};$$

C_{me} – годинна тарифна ставка експлуатаційного персоналу,

$$C_{me} = 48,32 \text{ грн./год.},$$

$$\Phi_{mp} = 5 \cdot 2048 \cdot 52,25 = 535040 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{me} = 20 \cdot 2107 \cdot 48,32 = 2036204,8 \text{ грн.}$$

До годинного фонду заробітної плати включається премія до тарифного фонду заробітної плати :

- для експлуатаційників – 25% премії за економію електроенергії і безаварійну роботу, 25% – за роботу в нічний час;
- для ремонтників – 40% премії за виконання норм вироблення, 25% за роботу в нічний час.

Премії ремонтного і експлуатаційного персоналу :

$$\Phi_{npp} = 0,65 \cdot \Phi_{mp}; \quad (6.19)$$

$$\Phi_{npp} = 0,65 \cdot 535040 = 347776 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{npe} = 0,5 \cdot \Phi_{me}; \quad (6.20)$$

$$\Phi_{npe} = 0,5 \cdot 2036204,8 = 1018102,4 \text{ грн.}$$

Денний фонд заробітної плати, що враховує подвійну оплату експлуатаційного чергового персоналу у святкові дні:

$$\Phi_{de} = 2 \cdot C_{me} \cdot 6 \cdot \mathcal{C}_{en} \cdot n, \quad (6.21)$$

де \mathcal{C}_{en} – чисельність експлуатаційного персоналу, працюючого у святкові дні; (складає 50% чисельності персоналу $\mathcal{C}_{en} = 0,5 \cdot \mathcal{C}_{\Sigma} = 0,5 \cdot 19 = 10$ чол.).

$$\Phi_{de} = 2 \cdot 48,32 \cdot 6 \cdot 20 \cdot 12 = 139161,6 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата ремонтного і експлуатаційного персоналу, пов'язана з оплатою щорічних відпусток і виконанням державних обов'язків :

$$\Phi_{додр} = 0,11 \cdot \Phi_{mp}; \quad (6.22)$$

$$\Phi_{додр} = 0,11 \cdot 535040 = 58854,4 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{доде} = 0,11 \cdot \Phi_{me}; \quad (6.23)$$

$$\Phi_{доде} = 0,11 \cdot 2036204,8 = 223982,53 \text{ грн.}$$

Районний коефіцієнт нараховується на величину $\Phi_{осн}$ і рівний $K = 1,16$.

Основна заробітна плата ремонтного і експлуатаційного персоналу з урахуванням районного коефіцієнта:

$$\Phi_{оснр} = 1,15 \cdot (\Phi_{mp} + \Phi_{npp} + \Phi_{додр}); \quad (6.24)$$

$$\Phi_{оснр} = 1,15 \cdot (535040 + 347776 + 58854,4) = 1082920,96 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{осне} = 1,15 \cdot (\Phi_{те} + \Phi_{пре} + \Phi_{доде} + \Phi_{д}); \quad (6.25)$$

$$\Phi_{осне} = 1,15 \cdot (2036204,8 + 1018102,4 + 223982,53 + 139161,6) = 3930039,03 \text{ грн.};$$

$$\Phi_{осн} = \Phi_{осне} + \Phi_{оснр}; \quad (6.26)$$

$$\Phi_{осн} = 1082920,96 + 3930039,03 = 5013989,99 \text{ грн.}$$

З урахуванням премій і доплат фонди основної заробітної плати для монтерів і майстрів по експлуатації електричних мереж і ремонтного персоналу складають відповідно:

- відрахування до пенсійного фонду, медичне і соціальне страхування і інші складуть – 30,2%.

$$\Phi_{відр.} = 0,302 \cdot (\Phi_{осне} + \Phi_{оснр}); \quad (6.27)$$

$$\Phi_{відр.} = 0,302 \cdot 5013989,99 = 1514224,98 \text{ грн.}$$

Середньомісячна заробітна плата персоналу :

$$ЗП^P = \frac{\Phi_{осн}^P + \Phi_{відр.}^P}{9 \cdot 12}; \quad (6.28)$$

$$ЗП^P = \frac{1082920,96 + 327042,13}{5 \cdot 12} = 23499,38 \text{ грн.};$$

$$ЗП^E = \frac{\Phi_{осн}^E + \Phi_{відр.}^E}{34 \cdot 12}; \quad (6.29)$$

$$ЗП^E = \frac{3930039,03 + 1186871,79}{20 \cdot 12} = 21320,46 \text{ грн.}$$

Річний фонд оплати праці (ФОП) промислово-виробничого персоналу складає:

$$\Phi_{ОП} = \Phi_{осн}^e + \Phi_{відр.}^e + \Phi_{осн}^p + \Phi_{відр.}^p; \quad (6.30)$$

$$\Phi_{ОП} = 5013989,99 + 1514224,98 = 6528214,97 \text{ грн.}$$

6.4 Розрахунок поточних витрат на обслуговування електрообладнання

Вартість матеріалів, що йдуть на поточний ремонт електрообладнання, складає 25% від основної заробітної плати робітників:

$$\Phi_{см} = 0,25 \cdot \Phi_{осн}; \quad (6.31)$$

$$\Phi_{см} = 0,25 \cdot 5013989,99 = 1253497,5 \text{ грн.}$$

Інші витрати рахувати у розмірі 20% від річного фонду основної заробітної плати робітників :

$$\Phi_{ін} = 0,2 \cdot \Phi_{осн}; \quad (6.32)$$

$$\Phi_{ін} = 0,2 \cdot 5013989,99 = 1002798 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються на основі норм амортизації (9,5%) і вартості капітальних вкладень.

$$\Phi_{ам} = \frac{9,5}{100} \cdot K = \frac{9,5}{100} \cdot 76753,96 = 7291626 \text{ грн.} \quad (6.33)$$

Таблиця 6.5 – Кошторис річних витрат на електрогосподарство

Елементи витрат	Проектований варіант	
	грн.	%
1. Основна і додаткова заробітна плата електротехнічного персоналу	6528214,97	40,61
2. Вартість матеріалів, Фсм	1253497,5	7,80
3. Амортизаційні відрахування, Фам	7291626	45,36
4. Інші витрати, Фпроч	1002798	6,24
Разом:	16076136,5	100

Плата за електроенергію визначається по формулі:

$$З_{еє} = P_m \cdot A + W_{рік} \cdot B, \quad (6.34)$$

де A – основна ставка тарифу за участь в максимумі навантаження енергосистеми (оскільки облік ведеться на стороні 35 кВ приймається рівною 683,53 (грн.·кВт)/місяць);

B – додаткова ставка за спожиту електроенергію (приймається рівною 0,1939 грн./кВт·год);

$W_{рік}$ – річне споживання електроенергії :

$$W_{рік} = 18978,95 \cdot 4592 = 87151338,4 \text{ кВт};$$

$$З_{еє} = 18978,95 \cdot 683,53 \cdot 12 + 87151338,4 \cdot 0,1939 = 172570824,8 \text{ грн.}$$

Результати розрахунку собівартості 1 кВт·год. споживаної електроенергії зведені в табл. 6.6.

Таблиця 6.6 – Собівартість 1 кВт·год в рік споживаної електроенергії

Статті витрат	Одиниці вимірювання	Кількість
Річне споживання активної енергії	кВт·год	87151338,4
Плата за електроенергію, Z_{ee}	грн.	172570824,8
Річна заробітна плата експлуатаційного і ремонтного персоналу, Φ_{OP}	грн.	6528214,97
Річні амортизаційні відрахування, $\Phi_{ам}$	грн.	7291626
Вартість матеріалів, $\Phi_{см}$	грн.	1253497,5
Інші витрати, $\Phi_{ін}$	грн.	1002798
Всього виробничі витрати	грн.	188646961,3
Собівартість 1 кВт·год	грн./кВт·год.	2,32

Таблиця 6.7 – Техніко-економічні показники електрогосподарства промислового підприємства

Найменування показника	Позначення	Од. виміру	Кількість
Встановлена потужність підприємства	P_y	кВт	32507,5
Коефіцієнт попиту	K_n		0,58
Максимальна споживана потужність підприємства	P_m	кВт	18978,95
Число годин використання максимуму навантаження підприємства	$T_{макс}$	год	4592
Річне споживання електроенергії підприємства	W_p	кВт	87151338,4
Втрати електроенергії	ΔW	кВт·год	5671346
Вартість електроенергії	\mathcal{C}	грн.	1,9
Вартість основних фондів електрогосподарства	K	грн.	76753,96
Об'єм ремонтного- експлуатаційних робіт	T	чол.·год.	34164
Витрати на ремонтно-експлуатаційне обслуговування	$B_{рем}$	тис.грн.	445614,3
Чисельність ремонтного персоналу	$Ч_p$	чол.	5
Чисельність експлуатаційного персоналу	$Ч_e$	чол.	20
Виробнича собівартість 1 кВт споживаної електроенергії	C_{ee}	коп./кВт·год.)	2,32

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників проводимо відповідно до ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ «Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація» (додаток 1). Результати аналізу заносимо в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Найменування НШВЧ по ГОСТ 12.0.003-74	Джерело НШВЧ	Характер дії на людину і ОС	Заходи захисту і профілактики
1	2	3	4
1. Машини, що рухаються, і механізми; рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що пересуваються, заготовки, матеріали	Технологічне обладнання	Можливість отримання травми людиною при випадковому контакті	Захисні пристосування і пристрої
2. Підвищений рівень шуму на робочому місці	Технологічне обладнання, система вентиляції	Дія на нервову і серцево-судинну системи, органи слуху	Звукопоглинальні кожухи, спеціальні навушники, лікувально-профілактичні заходи
3. Підвищений рівень вібрації	Технологічне обладнання	Віброхвороба	Застосування засобів віброзахисту, віробезпечних машин, технологічних процесів і виробничих приміщень
4. Підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини	Технологічне обладнання	Ураження електричним струмом: термічна, електролітична і біологічна дія, параліч серця і легенів, а також їх зупинка	Захисне заземлення, ізоляція і обгороджування струмопровідних частин; засоби індивідуального захисту
5. Недостатня освітленість робочої зони	Виробниче приміщення	Втома, зниження працездатності, травматизм, захворювання очей	Природне штучне освітлення, відповідно до розряду зорових робіт
6. Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	Технологічне обладнання, кліматичні умови	Стомлюваність працюючого, порушення обмінних процесів в організмі, перегрівання або охолодження, тепловий удар, простудне захворювання, або обмороження	Системи вентиляції, кондиціонування повітря і опалювання, захисні екрани

продовження таблиці 7.1

7. Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	Технологічне обладнання, кліматичні умови	Стомлюваність працюючого, порушення обмінних процесів в організмі, перегрівання або охолодження, тепловий удар, простудне захворювання, або обмороження	Системи вентиляції, кондиціонування повітря і опалювання, захисні екрани
7. Гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготівель, інструментів і обладнання	Технологічне обладнання, деревина	Травмування працівника	Спеціальний одяг, взуття і інші засоби індивідуального захисту
8. Підвищена запиленість і загазованість повітря робочої зони	Технологічне обладнання	Захворювання органів зору і дихання, шкірних покривів і інші захворювання	Системи припливно-втяжної вентиляції, циклони для очищення повітря від шкідливих речовин
9. Підвищений рівень статичної електрики	Технологічне обладнання, синтетичний одяг і взуття, потік непровідного пилу і газу в повітрі	Займання горючих речовин, пожежі і вибухи, електроураження	Заземлення апаратів, ємностей і трубопроводів; зволоження повітря; обробка синтетичних матеріалів антистатиками

Для оцінки ризиків в області промислової безпеки, охорони праці і довкілля, проводимо експертний аналіз ризиків, причин і ймовірних наслідків відстежуваних відмов (FMEA -аналіз).

Визначення рангу чинників і умов праці робиться відповідно до критеріїв оцінки виникнення небезпеки, ймовірності виявлення і оцінки значущості наслідків, далі намічається черговість (залежно від певного рангу) заходів по зниженню дії шкідливих і дискомфортних умов праці.

Ранги видів дії визначаються по формулі:

$$R = (A + B) \times C, \quad (7.1)$$

де A – оцінка ймовірності дії (у балах);

B – оцінка ймовірності виявлення (у балах);

C – оцінка серйозності наслідків (у балах).

Таблиця 7.2 – Ранжування видів дії

Найменування НШВЧ по ГОСТ 12.0.003-74	Ймовірність дії	Ймовірність виявлення	Серйозність наслідків	Ранг
1. Підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини	3	6	9	81
2. Гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання	3	3	1	6
3. Рухомі частини виробничого обладнання	9	8	9	153
4. Машини, що рухаються, і механізми	3	6	8	72
5. Вироби, що пересуваються, заготовки, матеріали	6	7	7	91
7. Недостатня освітленість робочої зони	1	1	4	8
7. Відсутність або нестача природного освітлення	1	1	2	4
8. Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	3	2	2	10
9. Підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів	3	2	2	10
10. Підвищений рівень шуму на робочому місці	7	2	1	11
11. Підвищена запыленість і загазованість повітря робочої зони	7	2	1	11
12. Підвищений рівень статичної електрики	5	2	2	14
13. Підвищений рівень вібрації	5	1	4	24
14. Підвищена пульсація світлового потоку	5	3	2	16

Як видно з табл. 7.2, до найбільш шкідливих і небезпечних виробничих чинників відносяться: рухомі частини виробничого обладнання; вироби, що пересуваються, заготовки, матеріали; машини, що рухаються, і механізми.

7.2 Заходи по зниженню негативної дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Заходи по зниженню негативної дії НШВЧ передбачають:

- розробку і впровадження комплексної механізації і автоматизації важких, шкідливих і монотонних робіт; створення безпечної техніки і технології;
- встановлення запобіжних, сигналізуючих, блокувальних пристроїв;
- технічні рішення по нормалізації повітряного середовища, виробничого освітлення;
- попередження утворення і видалення з робочої зони шкідливих речовин;
- зниження шуму, вібрацій, захисту від шкідливих випромінювань;
- створення ізолюючих кабін для операторів, працюючих в шкідливих умовах, або дистанційного керування;
- розробку і виготовлення колективних і індивідуальних засобів захисту та ін.

Для підтримки нормальних параметрів мікроклімату в робочій зоні застосовують наступні основні заходи: механізацію і автоматизацію технологічних процесів, захист від джерел теплового випромінювання, облаштування систем вентиляції, кондиціонування повітря і опалювання.

До ефективних заходів відносяться кваліфіковане проведення ввідного, на робочому місці, періодичного (повторного), позапланового і поточного інструктажів працівників по техніці безпеки.

При роботі на деревообробних верстатах необхідно виконувати правила і вказівки що містяться в ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки», а також для кожного типу деревообробного обладнання – ГОСТ 12.2.026 -80 ССБТ «Обладнання деревообробне. Техніка безпеки».

Згідно ГОСТ усі деревообробні верстати і механізми повинні мати пристосування і пристрої, що виключають : можливість контакту з рухомими частинами або робочим інструментом верстата, виліт різального інструменту

або його частин, а також інших деталей, попадання у верстатника частинок оброблюваного матеріалу, що відкидаються різальним інструментом. Кожен верстат має бути забезпечений надійно діючим гальмівним пристосуванням, що забезпечує зупинку його впродовж 2 - 6 секунд з моменту виключення двигуна.

Шум нормується на робочих місцях згідно з ГОСТ 12.1.003-83. Згідно СНиП 23-03-2003, передбачаються звукопоглинальні кожухи, зовнішня поверхня яких покрита шаром протишумової мастики № 589. Для персоналу, обслуговуючого найбільш шумне обладнання, передбачені спеціальні навушники по ГОСТ 12.1.003 - 83, а також лікувально-профілактичні заходи (проведення регулярних медоглядів – не рідше 1 раз в рік).

Захист від вібрації передбачає:

- застосування вібробезпечних машин;
- застосування засобів віброзахисту, що знижують вібрацію, яка впливає на працюючих, на шляхах поширення;
- проектування технологічних процесів і виробничих приміщень, що забезпечують не перевищення санітарних норм вібрації на робочих місцях;
- організаційно-технічні заходи, спрямовані на поліпшення експлуатації машин, своєчасний їх ремонт і контроль вібраційних параметрів;
- розробку раціональних режимів праці і відпочинку;
- обмеження параметрів вібрації робочих місць і поверхні контакту з руками працівників, виходячи з фізіологічних вимог, які унеможливають виникнення вібраційної хвороби.

Для захисту робітників від ураження електричним струмом необхідно передбачити:

- захисне заземлення, що виконується сталевими трубами, розміщеними в ряд і об'єднаними сполучною смугою по ГОСТ 12.1.030 - 88;
- ізоляція і обгороджування усіх доступних струмопровідних частин;

- персоналу, обслуговуючому електрообладнання, виділені засоби індивідуального захисту;
- навчання виробничого персоналу правилам техніки безпеки;
- обслуговуючий персонал повинен мати допуск для роботи з електрообладнанням;
- на ГПП застосована система блокування, що передбачає доступ до струмоведучих частин тільки після відключення апаратів.

Способом боротьби зі статичною електрикою:

- заземлення апаратів, ємностей і трубопроводів;
- зволоження повітря;
- обробка синтетичних матеріалів антистатиками.

Для забезпечення достатньої видимості у виробничих, адміністративних і допоміжних приміщеннях проектованого цеху застосовується природне штучне освітлення. Природне освітлення здійснюється через віконні отвори і віконні ліхтарі. Штучне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами ЛДЦ - 80 і ЛБ - 80. Освітленість робочих місць відповідає розрядам робіт по мірі точності згідно СНиП 23-05-95.

Освітлення ГПП живиться від трансформаторів власних потреб. Трансформатори забезпечені автоматичним вмикачем резерву при аварії на одній з секцій збірних шин.

Освітлення будівлі ЗРП комбіноване, природне здійснюється через світлові отвори, а штучне – люмінесцентними лампами і лампами розжарювання.

7.3 Підвищення стійкості функціонування організацій в надзвичайних ситуаціях

Як свідчить закон України «Про Загальнодержавну цільову програму захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2013-2017 роки» (від 07.07.2012 № 4909-17), одним з основних завдань єдиної державної системи попередження і ліквідації надзвичайних ситуацій є здійснення цільових і науково-технічних програм, спрямованих на попередження надзвичайних ситуацій і підвищення стійкості функціонування підприємств, організацій, установ, а також об'єктів соціального призначення в надзвичайних ситуаціях. При цьому під попередженням надзвичайних ситуацій розуміється комплекс заходів, що проводяться завчасно і направлені на максимально можливе зменшення ризику виникнення надзвичайних ситуацій, а також на збереження здоров'я людей, зниження розмірів збитку навколишньому природному середовищу і матеріальних втрат у разі їх виникнення. Суть стійкості функціонування організації в надзвичайній ситуації була переглянута, на перший план поставлено завдання захисту життя людей.

Зараз під стійкістю функціонування організації в надзвичайних ситуаціях розуміється її здатність попереджати виникнення аварій і катастроф, протистояти дії їх вражаючих чинників в цілях запобігання або обмеження загрози життю, здоров'ю персоналу, проживаючого поблизу населення, зниження матеріального збитку, а також забезпечення відновлення порушеного виробництва в мінімально короткі терміни.

Під підвищенням стійкості функціонування організації в надзвичайній ситуації розуміється комплекс заходів по запобіганню або зниженню загрози життю і здоров'ю персоналу і населення, що проживає поблизу і матеріального збитку в надзвичайній ситуації, а також підготовці до проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в зоні надзвичайної ситуації.

Одночасно з такими поняттями як стійкість функціонування, підвищення

стійкості функціонування організації вживається і таке поняття, як підготовка об'єкту економіки до роботи в надзвичайній ситуації.

Під підготовкою об'єкту до роботи в надзвичайній ситуації розуміється комплекс організаційних, інженерно-технічних і спеціальних заходів, що проводяться на підприємствах, в установах або інших економічних структурах в цілях забезпечення їх роботи з урахуванням ризику виникнення надзвичайної ситуації, створення умов для запобігання виробничим аваріям або катастрофам, протистояння дії уражаючих чинників, попередження або зменшення загрози життю і здоров'ю персоналу і проживаючого поблизу населення, зниження матеріального збитку, а також оперативного проведення рятувальних та інших невідкладних робіт в зоні надзвичайної ситуації.

На підприємстві має бути надійна система сповіщення про небезпеку, облаштуванні захисні споруди, забезпечено необхідну кількість засобів індивідуального захисту.

Для якіснішого і ефективнішого здійснення, приведення механізму системи попередження надзвичайних ситуацій в дію необхідно бути впевненим в тому, що елементарні правила техніки безпеки знають керівники та працівники установ та організацій. Усі керівники мають бути навчені на практиці правилам поведінки в неординарній ситуації при виникненні надзвичайної ситуації, мати індивідуальні засоби захисту.

8 ЕКОЛОГІЯ

8.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Головна умова виживання людства – підтримка унікальної рівноваги між людиною і природою, безпека її життєдіяльності як для оточуючих людей, так і для природи. Природні ресурси нашої планети обмежені – будь то вода, вугілля, нафта або газ, і ми всі вже давно усвідомили, що традиційні енергоносії і природна прісна вода питної якості – занадто дороге задоволення, щоб їх нераціонально використовувати.

Виснаження природних ресурсів, забруднення навколишнього середовища відходами, що утворюються в процесі життєдіяльності, буквально вбивають навколишнє природне середовище на нашій планеті. В даний час всього лише менше 1% прісної води людина може використовувати без очистки. Тільки в Україні звалища займають близько 260 тисяч га – більше, ніж територія держави Люксембург. Наприклад, для розкладання в природному середовищі паперу необхідно 10 років, поліетилену – 200 років. З формування екологічної культури кожної людини починається глобальна зміна навколишнього середовища на краще.

У сучасних умовах енергодефіциту копалин природних ресурсів, глобального порушення екологічної природної рівноваги, що проявляється у зміні клімату, природних катастрофах, в більшості цивілізованих країн вживаються заходи по створенню та впровадженню технологій виробництва екологічно безпечних матеріалів і обладнання, що дозволяють споживати мінімум енергії. Більш того, Європа вирішила, що до 2020 р. більшість нових будівель буде виробляти енергії більше, ніж її споживати.

8.2 Заходи по зниженню шумового забруднення довкілля

Зниження шумового забруднення довкілля є важливою проблемою, до вирішення якої залучені фахівці багатьох спеціальностей: конструктори, лікарі-гігієністи, екологи, будівельники, архітектори, містобудівники, економісти тощо. У сучасних умовах захист довкілля та населених пунктів від шумового забруднення передбачає проведення комплексу заходів. Заходи профілактичного спрямування передбачають, насамперед, вивчення гігієнічних умов проживання жителів міст та стану їхнього здоров'я, на фоні впливу міського шуму на організм у цілому і на функції окремих органів і систем.

Інженерно-технічний напрямок полягає у визначенні об'єктивних параметрів шуму, що генерується промисловими установками і агрегатами, з наступним опрацюванням новітніх конструктивних рішень по зниженню рівнів шуму на виробничих об'єктах. Архітектурно-планувальний аспект охоплює комплекс заходів, спрямованих на попередження шумового забруднення санітарної зони за допомогою екранів, територіальних розривів, шумозахисних конструкцій, зонування і районування джерел і об'єктів захисту, облаштування захисних смуг озеленення. Будівельно-акустичний напрямок – передбачає розроблення для житлових будівель огорожувальних конструкцій з необхідними звукоізоляційними характеристиками (перекриттів, зовнішніх стін, вікон, кватирок, балконних дверей), а також проектування нових типів житлових і громадських будівель, пристосованих до високих шумових навантажень. Соціально-економічний напрямок – має на меті встановлення розміру соціальних та економічних збитків, унаслідок впливу шуму та проведенні заходів по його зниженню.

Безпосередньо на об'єкті шумозахисту потрібно підвищувати звукоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій будівель і споруд, а також здійснювати планувальні заходи й озелененням населених місць. Зниженню шуму сприяє раціональна організація руху транспорту: усунення шумних режимів руху транспортних засобів (наприклад, гальмування,

розгону на перехрестях, схилах тощо) шляхом запровадження однобічного руху на вулицях, встановлення автоматичної системи регулювання за принципом «зелена хвиля», зменшення інтенсивності руху, скорочення кількості вантажних автомашин, особливо у нічний час, у районах щільної житлової забудови, обмеження звукових сигналів вуличного транспорту тощо.

Важливим еколого-гігієнічним завданням є нормування шуму. Метою цього провідного профілактичного заходу є наукове обґрунтування та створення нешкідливого для здоров'я людини оптимального рівня шумового фону. Допустимим вважають такий рівень шуму, тривала дія якого не призводить до виникнення негативних змін у фізіологічних реакціях найчутливіших до дії шуму органів та системах (нервова, серцево-судинна, слуховий аналізатор) й порушень суб'єктивного самопочуття людей. Чинні нормативи передбачають сумарні рівні шуму на територіях комплексів житлових споруд до 45 дБ.

З метою ефективного захисту населення від дії шуму, прогнозується ймовірність виникнення негативних реакцій у людини на вплив різних шумів у межах житла (особливо у нічний час), а також ураховується сумарне акустичне навантаження від різноманітних джерел та частку кожного з них.

Дієвим способом зниження шуму на шляху його поширення є застосування захисних смуг озеленення. Захисні насадження використовуються як самостійні засоби шумозахисту та структурні елементи інженерних шумозахисних споруд. Спеціальні смуги зелених насаджень захищають від шуму, вихлопних газів автотранспорту, абсорбції пилу та інших забруднювачів повітря, покращують мікрокліматичні показники навколишнього середовища.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

У дипломній роботі здійснено розробку та впровадження заходів підвищення надійності системи електроспоживання деревообробного підприємства, шляхом модернізації електричної частини, що дозволить зменшити ймовірність аварій і, як наслідок, недовипуску продукції та простою електрообладнання.

Отримані наступні результати:

1. Здійснено аналіз схем електропостачання для промислових підприємств, та проаналізовано вимоги до електричних мереж та надійності електропостачання.

2. Проведено аналіз, та вибір шляхів підвищення надійності електропостачання цеху, наведено аналіз чинників, що впливають на надійність електрообладнання і систем електропостачання, а також визначено вплив на показники надійності з'єднань елементів схем електропостачання.

3. Виконаний розрахунок електричних навантажень заводу, необхідний для подальшого вибору трансформаторної підстанції, комутаційно-захисної апаратури.

4. За результатами розрахунків електричних навантажень заводу виконаний вибір комплектної трансформаторної підстанції зовнішньої установки з двома силовими трансформаторами потужністю 2500 кВА кожен для електропостачання споживачів заводу. Також виконано розрахунок і вибір компенсуючого пристрою, що встановлюється в комплектній

5. Побудовано картограму електричних навантажень та отримано координати центру електричних навантажень у відповідності до якого було прийнято рішення про місце розташування ГПП.

6. Побудовані добові графіки електричного навантаження у ліній та зимовий період, а також побудовано річний графік електричного навантаження з річною витратою активної енергії у розмірі 87155,6 МВт·год.

7. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання, згідно якого

проведено вибір високовольтного та низьковольтного електрообладнання, раціональні перетини кабелів і проводів. Перевірено усі кабельні лінії по перевантажувальній здатності.

8. Запропоновано до встановлення дизель-генератора, як резервне джерела для живлення споживачів I категорії електропостачання,

9. Проведено заміну повітряної лінії 10 кВ із застосуванням залізобетонних опор і проводу марки СІП-3.

9. Здійснено розробку заходів для захисту асинхронних двигунів від перевантаження та нагріву.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Економіка енергетики [Електронний ресурс] // Навчальні матеріали онлайн. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: http://pidruchniki.com/73741/ekonomika/energetika_strukturi_natsionalnogo_gospodarstva#58.
2. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/10-kakie-factory-vlijajut-na-nadezhnost.html>
3. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1386-povyshenie-nadezhnosti.html>
4. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
6. ДНАОП 0.00-2.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
7. Хомутов, О. И. Электроснабжение [Текст] : Памятка, задания и методические указания для студентов специальности 140211 – «Электроснабжение (по отраслям)» всех форм обучения / О. И. Хомутов, И. В. Белицын, Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 2010. – 72 с.
8. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий [Текст] : учебник для студентов высших учебных заведений / Б.И. Кудрин. – 2-е изд. – М.: Интермет Инжиниринг, 2006. – 672 с.
9. Справочник по электроснабжению промышленных предприятий. Промышленные электрические сети [Текст]. Проектнорасчетные сведения / под ред. Г. В. Сербиновского. – М. : Энергия, 1980. – 576с. : ил.
10. Электротехнический справочник [Текст]. В 3 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / под общ. ред. И. Н. Орлова (гл. ред.) и др. – 7-е изд., испр. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 712с. : ил.

11. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.
12. Шабад, М.А. Расчеты релейной защиты и автоматики распределительных сетей [Текст] / Монография / М. А. Шабад. – СПб. : НЭИПК, 2003. – 350 с. : ил.
13. Руководящие указания по релейной защите [Текст] : сб. науч.тр./ Рос. ак. наук. – Вып. 1 (1958)– .– М. : Энергоатомиздат, 1986.– ISSN 0203-9478.
14. Долин, П. А. Справочник по технике безопасности [Текст] / П. А. Долин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1982. – 800с. : ил.
15. ГОСТ 14209-85 Трансформаторы силовые масляные общего назначения. Допустимые нагрузки.
16. Вагин, Г. Я. Экономия энергии в промышленности [Текст] : учеб. пособие / Г. Я. Вагин, А. Б. Лоскутов. – Н. Новгород. : НГТУ, 1997. – 137с.
17. Михайлов, А. В. Общие требования к выполнению раздела «Охрана труда и окружающей среды» в дипломных проектах. Методические указания для студентов очной, очно-заочной и заочной форм обучения [Текст] / А. В. Михайлов, В. Ф. Мироненко. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2011. – 36 с.
18. Никитина, О. Л. Методические указания к выполнению технико-экономических разделов дипломных работ конструкторско-технологического характера для студентов специальности «Энергоснабжение» всех форм обучения [Текст] / О. Л. Никитина. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2007 – 25 с.
19. Родина Г. Е. Экономические и организационные вопросы разработки варианта электроснабжения объекта [Текст] : методические указания к выполнению дипломных работ конструкторско-технологического характера для студентов специальности 10.04 всех форм обучения / Г. Е. Родина. – Барнаул : Изд-во АлтГТУ, 1990. – 35 с.